

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-189193

(P2001-189193A)

(43) 公開日 平成13年7月10日 (2001.7.10)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

ターミナル* (参考)

H 0 5 B 33/18

H 0 5 B 33/18

3 K 0 0 7

33/12

33/12

B

33/14

33/14

A

33/22

33/22

B

D

審査請求 未請求 請求項の数62 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2000-306036(P2000-306036)

(71) 出願人 000005821

(22) 出願日 平成12年10月5日 (2000.10.5)

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(31) 優先権主張番号 特願平11-284360

(72) 発明者 杉浦 久則

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

(32) 優先日 平成11年10月5日 (1999.10.5)

(72) 発明者 松尾 三紀子

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平11-299657

(74) 代理人 100101823

弁理士 大前 要

(32) 優先日 平成11年10月21日 (1999.10.21)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

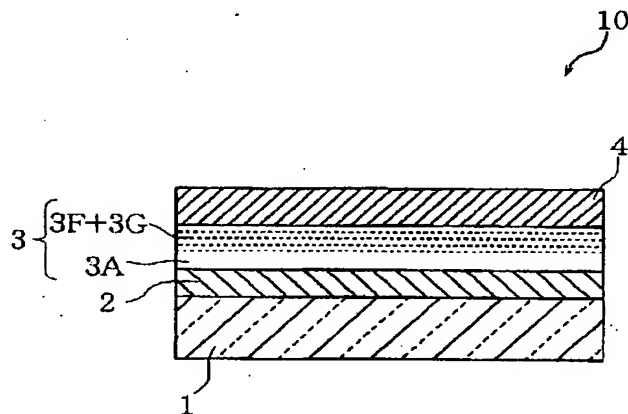
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子とその製造方法、およびそれを用いた表示装置、照明装置

(57) 【要約】

【課題】 高い発光効率を実現すると同時に容易にパターンニングできる発光素子およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 有機発光素子10は、基板1上に形成された陽極2と、上記陽極2に対向配置された陰極4と、上記陽極2と上記陰極4との間に配置された発光領域3と、を備えた構成であり、上記発光領域3は、ポリマー3Aと、発光に寄与する物質である発光分子3Gと、電荷輸送性物質3Fと、を含んでいる。上記発光分子3G及び電荷輸送性物質3Fは、発光領域3の膜厚（陽極1から陰極4へ向かう）方向において濃度に分布がある。即ち、発光領域3内で、陰極4に近い側では発光分子3G及び電荷輸送材3Fの濃度は濃く、陽極2に近い側では濃度は薄い。このような有機発光素子は、高い発光効率を実現することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子であって、

上記発光領域は、発光に寄与する物質と該物質を含有するための媒体とからなり、

上記発光に寄与する物質は、上記発光領域の上記陽極側から上記陰極側に向けて、略連続的に濃度分布をもつ構成であることを特徴とする発光素子。

【請求項 2】 上記発光に寄与する物質は、上記発光領域の上記陽極側または上記陰極側のうちいずれか一方側が他方側よりも高濃度となるような濃度分布を示し、上記一方側から他方側へ連続的に濃度が減少している構成であることを特徴とする請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 3】 上記発光領域は、更に、電荷輸送性物質を含むことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の発光素子。

【請求項 4】 上記電荷輸送性物質は、上記発光領域の上記陽極側から上記陰極側に向けて、略連続的に濃度分布をもつ構成であることを特徴とする請求項 3 に記載の発光素子。

【請求項 5】 陽極と陰極との間に電荷輸送領域を有する発光素子であって、上記電荷輸送領域は、電荷輸送性物質と該電荷輸送性物質を含有するための媒体とからなり、

上記電荷輸送性物質は、上記電荷輸送領域の上記陰極側から陽極側に向けて、略連続的に濃度分布をもつ構成であることを特徴とする発光素子。

【請求項 6】 上記発光領域は、上記発光に寄与する物質が存在しない領域を有することを特徴とする請求項 1 ～請求項 4 に記載の発光素子。

【請求項 7】 上記発光領域中の、上記発光に寄与する物質の最大濃度を示す部分は、上記陽極および上記陰極から離れていることを特徴とする請求項 1 ～請求項 4 に記載の発光素子。

【請求項 8】 上記電荷輸送領域は、上記電荷輸送性物質が存在しない領域を有することを特徴とする請求項 5 に記載の発光素子。

【請求項 9】 上記電荷輸送領域中の、上記電荷輸送性物質の最大濃度を示す部分は、上記陽極および上記陰極から離れていることを特徴とする請求項 5 に記載の発光素子。

【請求項 10】 請求項 1 ～請求項 9 に記載の発光素子を用いたことを特徴とする照明装置。

【請求項 11】 陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子であって、

上記発光領域は、発光に寄与する物質と該物質を含有するための媒体とよりなり、

上記陰極面および上記陽極面に平行な方向において、上記発光に寄与する物質の濃度は、上記発光領域の略中央から周辺へ向けて略連続的に減少することを特徴とする

発光素子。

【請求項 12】 前記発光に寄与する物質を、上記陰極面および上記陽極面に平行な方向に、隣接して複数有する構成であり、該複数の発光に寄与する物質の発光色はそれぞれ異なることを特徴とする請求項 11 に記載の発光素子。

【請求項 13】 上記発光領域は、更に、電荷輸送性物質を含むことを特徴とする請求項 11 または請求項 12 に記載の発光素子。

【請求項 14】 上記電荷輸送性物質の濃度は、上記陰極面および上記陽極面に平行な方向において、上記発光領域の略中央から周辺へ向けて減少することを特徴とする請求項 13 に記載の発光素子。

【請求項 15】 上記発光に寄与する物質は、上記発光領域の上記陰極側から上記陽極側に向けて、略連続的に濃度分布をもつ構成であることを特徴とする請求項 11 ～請求項 14 に記載の発光素子。

【請求項 16】 上記電荷輸送性物質は、上記発光領域の上記陰極側から上記陽極側に向けて、略連続的に濃度分布をもつ構成であることを特徴とする請求項 14 に記載の発光素子。

【請求項 17】 上記発光領域は、上記発光に寄与する物質が存在しない領域を有することを特徴とする請求項 11 ～請求項 16 に記載の発光素子。

【請求項 18】 上記発光領域が、電荷輸送性能を有することを特徴とする請求項 11 ～請求項 17 に記載の発光素子。

【請求項 19】 上記発光領域が、有機物からなることを特徴とする請求項 11 ～請求項 18 に記載の発光素子。

【請求項 20】 上記発光領域が、ポリマーからなることを特徴とする請求項 11 ～請求項 18 に記載の発光素子。

【請求項 21】 請求項 11 ～請求項 20 に記載の発光素子を用いたことを特徴とする表示装置。

【請求項 22】 陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子の製造方法であって、
上記陽極あるいは陰極上に媒体を配置する配置工程と、
上記媒体中に発光に寄与する物質を含有させて発光領域を形成する含有工程と、を有することを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項 23】 陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子の製造方法であって、
上記陽極あるいは陰極上に電荷輸送性物質を含有する媒体を配置する配置工程と、
上記媒体中に発光に寄与する物質を含有させて発光領域を形成する含有工程と、を有することを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項 24】 陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子の製造方法であって、

上記陽極あるいは陰極上に媒体を配置する配置工程と、
上記媒体中に発光に寄与する物質及び電荷輸送性物質を
含有させる含有工程と、を有することを特徴とする発光
素子の製造方法。

【請求項 2 5】 陽極と陰極との間に発光領域を有する
発光素子の製造方法であって、
上記陽極あるいは陰極上に電荷輸送性物質を含有する媒
体を配置する配置工程と、
上記媒体中に発光に寄与する物質及び電荷輸送性物質を
含有させる含有工程と、を有することを特徴とする発光
素子の製造方法。

【請求項 2 6】 陽極と陰極との間に電荷輸送領域を有
する発光素子の製造方法であって、
上記陽極あるいは陰極上に媒体を配置する配置工程と、
上記媒体中に電荷輸送性物質を含有させる含有工程と、
を有することを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項 2 7】 上記含有工程において、上記発光に寄
与する物質を上記媒体中に浸透させることによって含有
させることを特徴とする請求項 2 2 または請求項 2 3 に
記載の発光素子の製造方法。

【請求項 2 8】 上記含有工程において、上記発光に寄
与する物質および上記電荷輸送性物質を媒体中に浸透さ
せることによって含有させることを特徴とする請求項 2
4 に記載の発光素子の製造方法。

【請求項 2 9】 上記含有工程において、上記発光に寄
与する物質を溶媒に溶かして得られた溶液を、上記媒体
に接触させることにより浸透させることを特徴とする請
求項 2 2 または請求項 2 3 に記載の発光素子の製造方
法。

【請求項 3 0】 上記含有工程において、上記発光に寄
与する物質および上記電荷輸送性物質を溶媒に溶かして
得られた溶液を、上記媒体に接触させることにより浸透
させることを特徴とする請求項 2 4 に記載の発光素子の
製造方法。

【請求項 3 1】 上記含有工程において、上記媒体中に
発光に寄与する物質をインクジェット法により浸透させ
ることを特徴とする請求項 2 2 または請求項 2 3 に記載
の発光素子の製造方法。

【請求項 3 2】 陽極と陰極との間に発光領域を有する
発光素子であって、
上記発光領域は発光に寄与する物質を含み、
上記陽極と上記陰極との間には、上記発光に寄与する物
質を特定の領域に集約するための集約化手段を有するこ
とを特徴とする発光素子。

【請求項 3 3】 陽極と陰極との間に発光領域を有する
発光素子であって、
上記発光領域の陽極側あるいは陰極側のうち少なくとも
一方が多孔質化されており、
上記発光領域の多孔質化された表面に発光に寄与する物
質を有する構成であることを特徴とする発光素子。

【請求項 3 4】 陽極と陰極との間に発光領域を有する
発光素子であって、

上記発光領域の陽極側あるいは陰極側のうち少なくとも
一方が多孔質化されており、

上記発光領域の多孔質化された表面近傍に発光に寄与す
る物質を有する構成であることを特徴とする発光素子。

【請求項 3 5】 上記発光領域の多孔質化された表面に
電荷輸送性物質を有する構成であることを特徴とする請
求項 3 3 または請求項 3 4 に記載の発光素子。

【請求項 3 6】 上記発光領域の多孔質化された表面
に、電荷輸送性物質からなる平坦化層を有する構成であ
ることを特徴とする請求項 3 3 または請求項 3 4 に記載
の発光素子。

【請求項 3 7】 陽極と陰極との間に電荷輸送領域を有
する発光素子であって、

上記電荷輸送領域の陽極側あるいは陰極側のうち少なく
とも一方が多孔質化された構成であることを特徴とする
発光素子。

【請求項 3 8】 上記電荷輸送領域は、ホール輸送領域
であることを特徴とする請求項 3 7 に記載の発光素子。

【請求項 3 9】 上記電荷輸送領域は、電子輸送領域で
あることを特徴とする請求項 3 7 に記載の発光素子。

【請求項 4 0】 上記発光領域が有機物からなることを
特徴とする請求項 3 3 ～請求項 3 6 に記載の発光素子。

【請求項 4 1】 上記発光領域がポリマーからなること
を特徴とする請求項 3 3 ～請求項 3 6 に記載の発光素
子。

【請求項 4 2】 陽極と陰極との間に発光領域を有する
発光素子であって、上記発光領域の陽極側あるいは陰極
側のうち少なくとも一方が粗面化されており、
上記発光領域の粗面化された表面に発光に寄与する物質
を有する構成であることを特徴とする発光素子。

【請求項 4 3】 陽極と陰極との間に発光領域を有する
発光素子であって、

上記発光領域の陽極側あるいは陰極側のうち少なくとも
一方が粗面化されており、

上記発光領域の粗面化された表面近傍に発光に寄与する
物質を有する構成であることを特徴とする発光素子。

【請求項 4 4】 上記発光領域の粗面化された表面に、
電荷輸送性物質からなる平坦化層を有することを特徴と
する請求項 4 2 または請求項 4 3 に記載の発光素子。

【請求項 4 5】 陽極と陰極との間に電荷輸送領域を有
する発光素子であって、
上記電荷輸送領域の陽極側あるいは陰極側のうち少なく
とも一方が粗面化された構成であることを特徴とする発
光素子。

【請求項 4 6】 上記電荷輸送領域は、ホール輸送領域
であることを特徴とする請求項 4 5 に記載の発光素子。

【請求項 4 7】 上記電荷輸送領域は、電子輸送領域で
あることを特徴とする請求項 4 5 に記載の発光素子。

【請求項48】 上記発光領域が有機物からなることを特徴とする請求項42～請求項44に記載の発光素子。

【請求項49】 上記発光領域がポリマーからなることを特徴とする請求項42～請求項44に記載の発光素子。

【請求項50】 請求項32～請求項49に記載の発光素子を用いたことを特徴とする表示装置。

【請求項51】 請求項32～請求項49に記載の発光素子を用いたことを特徴とする照明装置。

【請求項52】 陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子の製造方法であって、
10 上記陽極あるいは上記陰極上に媒体を配置する媒体配置工程と、
上記媒体の少なくとも一部を多孔質化する多孔質化工程と、を有することを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項53】 陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子の製造方法であって、
上記陽極あるいは上記陰極上に媒体を配置する媒体配置工程と、
20 上記媒体の陽極側あるいは陰極側のうち少なくとも一方を多孔質化する多孔質化工程と、
上記媒体の多孔質化された表面に、発光に寄与する物質を配置し、上記媒体と上記発光に寄与する物質とにより発光領域を形成する配置工程と、を有することを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項54】 陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子の製造方法であって、
上記陽極あるいは上記陰極上に媒体を配置する媒体配置工程と、
30 上記媒体の陽極側あるいは陰極側のうち少なくとも一方を多孔質化する多孔質化工程と、
上記媒体の多孔質化された表面近傍に、発光に寄与する物質を含有し、上記媒体と上記発光に寄与する物質とにより発光領域を形成する含有工程と、
上記発光領域の多孔質化された表面に電荷輸送性物質を配置する配置工程と、を有することを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項55】 上記発光領域の多孔質化された表面に、電荷輸送性物質を配置する配置工程を有することを特徴とする請求項53または請求項54に記載の発光素子の製造方法。

【請求項56】 上記発光領域上に、電荷輸送性物質からなる平坦化層を形成する平坦化層形成工程を有することを特徴とする請求項53または請求項54に記載の発光素子の製造方法。

【請求項57】 上記媒体配置工程は、特定の溶媒に可溶な物質を含有する媒体を配置する工程であり、
上記多孔質化工程は、上記溶媒により上記物質を溶出することにより多孔質化を行う工程であることを特徴とする請求項53または請求項54に記載の発光素子の製造

方法。

【請求項58】 陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子の製造方法であって、

上記陽極あるいは上記陰極上に媒体を配置する媒体配置工程と、

上記媒体の一部を粗面化する粗面化工程と、を有することを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項59】 陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子の製造方法であって、

10 上記陽極あるいは上記陰極上に媒体を配置する媒体配置工程と、

上記媒体の陽極側あるいは陰極側のうち少なくとも一方を粗面化する粗面化工程と、

上記媒体の粗表面に、発光に寄与する物質を配置し、上記媒体と上記発光に寄与する物質とにより発光領域を形成する配置工程と、を有することを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項60】 陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子の製造方法であって、

20 上記陽極あるいは上記陰極上に媒体を配置する媒体配置工程と、

上記媒体の陽極側あるいは陰極側のうち少なくとも一方を粗面化する粗面化工程と、

上記媒体の粗表面近傍に、発光に寄与する物質を含有させ、上記媒体と上記発光に寄与する物質とにより発光領域を形成する含有工程と、を有することを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項61】 上記発光領域上に、電荷輸送性物質からなる平坦化層を形成する平坦化層形成工程を有することを特徴とする請求項59または請求項60に記載の発光素子の製造方法。

【請求項62】 上記粗面化工程は、ドライエッチングにより上記発光領域を粗面化する工程であることを特徴とする請求項59または請求項60に記載の発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、平面光源や平板状ディスプレイ等として使用される発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】電場発光素子は、自発光型のため視認性が高く、表示性能に優れ、高速応答が可能であり、さらには薄型化が可能なため、平板状ディスプレイ等の表示素子として注目を集めている。

【0003】中でも、有機化合物を発光体とする有機EL素子は、無機EL素子と比較して低電圧駆動が可能なこと、大面積化が容易なこと、適当な色素を選ぶことにより、所望の発光色を容易に得られること等の特徴を有し、次世代ディスプレイとして活発に開発が行われている。

【0004】有機発光体を用いたEL素子としては、例えば厚さ $1\mu\text{m}$ 以下のアントラセン蒸着膜に30Vの電圧を印加することにより、青色発光が得られている(Thin Solid Films, 94(1982)171)。しかし、この素子は高電圧を印加しても十分な輝度が得られないので、さらに発光効率を向上する必要がある。

【0005】これに対し、Tangらは、透明電極(陽極)、ホール輸送層、電子輸送性の発光領域、仕事関数の低い金属を用いた陰極を積層することにより、低電圧化及び発光効率の向上を図り、10V以下の印加電圧で、 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ の輝度を実現した(Appl. Phys. Lett. 51(1987)913)。尚、発光材としてはトリス(8-キノリノラト)アルミニウム錯体(以下、「Alq」)を用いている。Alqは、高い発光効率と、電子輸送性能を合わせ持つ優れた発光物質である。

【0006】さらに、ホール輸送層と電子輸送層とで発光領域を挟み込んだ3層構造の素子(Jpn. J. Appl. Phys., 27(1988)L269)や、発光領域にドーピングされた色素(Alqにクマリン誘導体やDCM1等の蛍光色素)からの発光を得る素子(J. Appl. Phys., 65(1989)3610)が報告されている。上記報告では、色素の適切な選択により発光色が変わることが見い出され、さらに、発光効率も非ドーブに比べ上昇することが明らかにされている。

【0007】一方、上記構成の素子の各層の全てを真空蒸着法などのドライプロセスにより形成するのに対し、スピンコート法やキャスト法などの、いわゆる湿式成膜法で素子を形成する方法がある(特開平3-790号公報、特開平3-171590号公報等)。

【0008】即ち、上記ホール輸送層、電子輸送層、発光領域を形成する材料の少なくとも1種以上を、ポリマーバインダーとともに適当な溶媒に溶解し、これを電極表面に塗布して発光領域を形成した後、さらに発光領域上に電極を蒸着法等で形成するものである。以下、こうして作製された有機発光素子を従来の積層型発光素子に対してポリマー分散型発光素子という。

【0009】ドライプロセスにより作製される有機発光素子と比べて、ポリマー分散型発光素子の有利な点として、以下の点が挙げられる。

- (1) 蒸着等のドライプロセスでは成膜が困難な材料も使用可能である。
- (2) ドライプロセスでは制御が困難な微量のドーピングも容易に実現できる。
- (3) 大面積化が容易である。
- (4) 低コストで作製できる。
- (5) 複数の発光分子を導入することにより、容易に各発光分子からの発光を同時に得ることができる(白色発光が可能)。
- (6) 従来の積層型発光素子は、各層がアモルファス状態であるのに対し、ポリマー分散型発光素子は、各材料がポリマーバインダーに分散されているため熱的に安定

である。

【0010】従来のポリマー分散型発光素子の発光領域の構成としては、ポリビニルカルバゾールに発光分子としてペリノン誘導体あるいはトリス(8-キノリノラト)アルミニウムを分散したもの、ポリカーボネートに発光分子としてトリス(8-キノリノラト)アルミニウム及びテトラフェニルベンジジンを分散したもの、等がある(特開平3-790号公報、特開平3-171590号公報等)。

10 【0011】

【発明が解決しようとする課題】(第1の課題)ポリマー分散型発光素子は、上記した利点がある反面、従来の積層型発光素子に比べて発光効率が低いという課題がある。

【0012】即ち、積層型発光素子では、陽極からホール輸送層にホールが注入され、陰極から電子輸送性の発光領域あるいは電子輸送層に電子が注入される。そして、これらのホールと電子が発光領域中で再結合した際、励起子が形成され、この励起子が基底状態に遷移する際に発光する。ここで、電子輸送とホール輸送がそれぞれ機能分離されているため、電子・ホールの再結合は各層の界面近傍でのみ起こる。従って、励起子の生成が効率よく起こり、発光効率も向上する。

【0013】さらに、ホール及び電子の注入についても、陽極、陰極との注入障壁が小さくなるように各電極に接する層の材料を選択すれば、注入が容易に行え、低電圧での駆動が可能となる。

【0014】これに対して、ポリマー分散型発光素子の場合、主として単層構成のため、上記した積層型発光素子のようなホール・電子の再結合及び励起子の生成が局所的に起こるものではなく、また、電極からのホール・電子の注入障壁も大きいと、発光効率の向上が困難であった。

【0015】このように、発光領域内全体に発光サイトが分散するため、ホールと電子の注入及び輸送のバランスがとりにくく、その結果、再結合確率が低下し、十分な発光効率を得られない。従って、高効率化の手段としては、ホールと電子の再結合領域をある特定領域に集約することが糸口となる。

40 【0016】前述したとおり、機能分離した層を積層する方法が有効であるが、塗布形成される高分子系においては、上に積層する第2層目の高分子溶液に含まれる溶媒は、成膜した第1層を溶解しない溶媒を選択しなければならない。

【0017】また、積層膜の数が多くなるほど溶媒選択及び選択した溶媒に可溶な材料を選択する必要が生じる。その結果、材料選択の幅をさらに狭めてしまい、効果的な高効率化を実現できないという課題があった。

50 【0018】(第2の課題)さらに、ポリマー分散型発光素子の課題として、カラーパネルを製造する際、パタ

ーニング（色の塗り分け）が困難であるという点が挙げられる。即ち、真空蒸着法などのドライプロセスでカラーパネルを製造する場合、基板上に蒸着マスクを設置することにより、所望の位置に各色の素子を形成することができるのに対し、スピンコート法やキャスト法などの湿式成膜法では、基板全面に発光領域を成膜するため、上記のようなパターンニングができない。

【0019】これに対して、インクジェット法によるパターンニングが提案されている（例えば、特開平10-12377号公報）。これは、ポリマーを含む発光領域の材料、あるいはポリマーの前駆体をインクジェット法によりノズルから吐出することにより、所望のパターンを形成するものである。

【0020】しかしながら、従来のインクジェット方式によるパターンニングでは、塗布するポリマー溶液等の粘度が大きいため、インクヘッドのノズルが詰まってしまい、微細なパターンを形成することが困難であった。

【0021】本発明は、上記課題を解決するものであり、ポリマー分散型の有機発光素子においても、高い発光効率を実現すると同時に容易にパターンニングができる有機発光素子及びその製造方法を提供するものである。

【0022】

【課題を解決するための手段】一群の本発明は、上記現状に鑑みなされたものであり、その目的は、高い発光効率を有する発光素子を提供することである。

【0023】尚、一群の本発明は、同一乃至類似した着想に基づくものである。しかし、それぞれの発明は異なる実施の形態により具現化されるものであるので、本明細書では、これらの一群の本発明を密接に関連した発明ごとに第1の発明群、第2の発明群として区分する。そして、以下では、それぞれの区分（発明群）ごとにその内容を順次説明する。

【0024】（第1の発明群）本願発明者らは、上記目的を達成するため鋭意検討を行った結果、ポリマー分散型発光素子を製造する際、まず、ポリマー膜を形成した後、これに発光分子、あるいは発光分子と電荷輸送材とを浸透させることにより、高い発光効率を得ると同時に容易にパターンニングが行えることを見出した。

【0025】具体的には、請求項1の発明は、陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子であって、上記発光領域は、発光に寄与する物質と該物質を含有するための媒体とからなり、上記発光に寄与する物質は、上記発光領域の上記陽極側から上記陰極側に向けて、略連続的に濃度分布をもつ構成であることを特徴としている。

【0026】また、請求項2の発明は、請求項1に記載の発光素子であって、上記発光に寄与する物質は、上記発光領域の上記陽極側または上記陰極側のうちいずれか一方側が他方側よりも高濃度となるような濃度分布を示し、上記一方側から他方側へ連続的に濃度が減少している構成であることを特徴としている。

【0027】上記構成とすることにより、発光領域中の発光に寄与する物質が高濃度である部分で、上記陽極から発光領域に注入されるホールと上記陰極から発光領域に注入される電子とが再結合する。このようにして、上記ホールと上記電子との再結合領域を集約することができるので、電子とホールとの再結合効率が増大し、発光効率を向上することができる。

【0028】尚、上記「発光に寄与する物質」とは、後述する実施の形態に示すような、電荷を注入することによって発光する発光分子以外にも、例えば、有機バインダーや電荷輸送材料とダイマー、エキサイマーあるいはエキサイプレックスを形成することにより、これらからの発光を得るような物質も含む。ここで、上記ダイマーとは、基底状態で上記有機バインダーや電荷輸送材料と結合したものを意味し、また、上記エキサイマー、エキサイプレックスとは、電荷が注入されて励起した状態での上記有機バインダーや電荷輸送材料と反応したものを意味する。

【0029】また、請求項3の発明は、請求項1または請求項2に記載の発光素子であって、上記発光領域は、更に、電荷輸送性物質を含むことを特徴としている。

【0030】上記構成とすることにより、上記発光領域の電荷輸送性を更に向上でき、電子とホールとの再結合効率が向上する。

【0031】また、請求項4の発明は、請求項3に記載の発光素子であって、上記電荷輸送性物質は、上記発光領域の上記陽極側から上記陰極側に向けて、略連続的に濃度分布をもつ構成であることを特徴としている。

【0032】上記構成とすることにより、発光領域内において、陽極側から陰極側への方向（膜厚方向）において、ホール輸送能の大きい領域と電子輸送能の大きい領域が形成されることとなり、電子とホールの再結合効率が増大する。

【0033】また、請求項5の発明は、陽極と陰極との間に電荷輸送領域を有する発光素子であって、上記電荷輸送領域は、電荷輸送性物質と該電荷輸送性物質を含有するための媒体とからなり、上記電荷輸送性物質は、上記電荷輸送領域の上記陰極側から陽極側に向けて、略連続的に濃度分布をもつ構成であることを特徴としている。

【0034】このような構成とすることによって、発光領域内において、ホール輸送能の大きい領域と電子輸送能の大きい領域が形成されることとなり、電子とホールの再結合効率が増大する。尚、上記構成の場合には、上記電荷輸送領域は発光特性を有し、発光領域の特性を兼ね備えるものである。

【0035】また、請求項6の発明は、請求項1～請求項4に記載の発光素子であって、上記発光領域は、上記発光に寄与する物質が存在しない領域を有することを特徴としている。

【0036】上記構成とすることにより、発光領域内でキャリア輸送能の異なる領域が形成されるので、電子とホールとの再結合効率がさらに増大し、発光効率を向上することができる。

【0037】また、請求項7の発明は、請求項1～請求項4に記載の発光素子であって、上記発光領域中の、上記発光に寄与する物質の最大濃度を示す部分は、上記陽極および上記陰極から離れていることを特徴としている。

【0038】上記構成のように、発光に寄与する物質の最大濃度を示す部分を両電極から離れた構成とするのは、上記発光に寄与する物質が上記陽極または陰極に近接していると、発光に寄与する物質が発光せずに消滅することがあるためである。尚、上記発光に寄与する物質の最大濃度を示す部分は、陽極と陰極との略中間に位置するのがよい。

【0039】また、請求項8の発明は、請求項5に記載の発光素子であって、上記電荷輸送領域は、上記電荷輸送性物質が存在しない領域を有することを特徴としている。

【0040】上記構成とすることにより、電荷輸送性物質の存在している領域と存在しない領域の境界において、陰極から注入される電子と陽極から注入されるホールとの再結合効率がさらに増大し、発光効率を向上することができる。

【0041】また、請求項9の発明は、請求項5に記載の発光素子であって、上記電荷輸送領域中の、上記電荷輸送物質の最大濃度を示す部分は、上記陽極および上記陰極から離れていることを特徴としている。

【0042】また、請求項10の発明は、照明装置であって、請求項1～請求項9に記載の発光素子を用いたことを特徴としている。上記構成とすることにより、発光効率の向上した照明装置を提供することができる。

【0043】また、請求項11の発明は、陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子であって、上記発光領域は、発光に寄与する物質と該物質を含有するための媒体とよりなり、上記陰極面および上記陽極面に平行な方向において、上記発光に寄与する物質の濃度は、上記発光領域の略中央から周辺へ向けて略連続的に減少することを特徴としている。

【0044】また、請求項12の発明は、請求項11に記載の発光素子であって、前記発光に寄与する物質を、上記陰極面および上記陽極面に平行な方向に、隣接して複数有する構成であり、該複数の発光に寄与する物質の発光色はそれぞれ異なることを特徴としている。

【0045】上記構成とすることにより、上記複数の発光に寄与する物質間の境界付近の濃度は小さいので、各発光に寄与する物質が互いに混じり合うようなことはなく、従って、混色が小さい、フルカラー表示性能に優れた発光素子を得ることができる。

【0046】また、請求項13の発明は、請求項11または請求項12に記載の発光素子であって、上記発光領域は、更に、電荷輸送性物質を含むことを特徴としている。

【0047】また、請求項14の発明は、請求項13に記載の発光素子であって、上記電荷輸送性物質の濃度は、上記陰極面および上記陽極面に平行な方向において、上記発光領域の略中央から周辺へ向けて減少することを特徴としている。

【0048】また、請求項15の発明は、請求項11～請求項14に記載の発光素子であって、上記発光に寄与する物質は、上記発光領域の上記陰極側から上記陽極側に向けて、略連続的に濃度分布をもつ構成であることを特徴としている。

【0049】上記構成のように、発光領域内で発光に寄与する物質に濃度分布を持たせることにより、上記ホールと上記電子との再結合領域を集約することができるので、電子とホールとの再結合効率が増大し、発光効率を向上することができる。

20 【0050】また、請求項16の発明は、請求項14に記載の発光素子であって、上記電荷輸送性物質は、上記発光領域の上記陰極側から上記陽極側に向けて、略連続的に濃度分布をもつ構成であることを特徴としている。

【0051】上記構成とすることにより、更に、電子とホールとの再結合効率が増大し、発光効率を向上することができる。

【0052】また、請求項17の発明は、請求項11～請求項16に記載の発光素子であって、上記発光領域は、上記発光に寄与する物質が存在しない領域を有することを特徴としている。

30 【0053】また、請求項18の発明は、請求項11～請求項17に記載の発光素子であって、上記発光領域が、電荷輸送性能を有することを特徴としている。

【0054】また、請求項19の発明は、請求項11～請求項18に記載の発光素子であって、上記発光領域が、有機物からなることを特徴としている。

【0055】また、請求項20の発明は、請求項11～請求項18に記載の発光素子であって、上記発光領域がポリマーからなることを特徴としている。

40 【0056】上記構成のように、上記発光領域を有機物、より具体的にポリマーにより構成することによって、発光効率の向上した有機発光素子を提供することができる。

【0057】また、請求項21の発明は、表示装置であって、請求項11～請求項20に記載の発光素子を用いたことを特徴としている。上記構成とすることにより、発光効率の向上した表示装置を提供することができる。

50 【0058】また、請求項22の発明は、陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子の製造方法であって、上記陽極あるいは陰極上に媒体を配置する配置工程と、

上記媒体中に発光に寄与する物質を含有させて発光領域を形成する含有工程と、を有することを特徴としている。

【0059】上記方法は、上記媒体を陽極または陰極上に配置する工程と、上記媒体中に発光に寄与する物質を含有させる工程とを有するので、予め発光に寄与する物質を含有させた媒体を、陽極または陰極上に配置することが困難な場合には有効な方法となり得る。

【0060】また、請求項23の発明は、陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子の製造方法であって、上記陽極あるいは陰極上に電荷輸送性物質を含有する媒体を配置する配置工程と、上記媒体中に発光に寄与する物質を含有させて発光領域を形成する含有工程と、を有することを特徴としている。

【0061】上記方法のように、上記媒体中に電荷輸送性物質を含有させることにより、電荷の注入及び輸送を効率よく行うことができる発光素子を得ることができる。

【0062】また、請求項24の発明は、陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子の製造方法であって、上記陽極あるいは陰極上に媒体を配置する配置工程と、上記媒体中に発光に寄与する物質及び電荷輸送性物質を含有させる含有工程と、を有することを特徴としている。

【0063】また、請求項25の発明は、陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子の製造方法であって、上記陽極あるいは陰極上に電荷輸送性物質を含有する媒体を配置する配置工程と、上記媒体中に発光に寄与する物質及び電荷輸送性物質を含有させる含有工程と、を有することを特徴としている。

【0064】上記配置工程における媒体中に含有されている電荷輸送性物質の電荷と、上記含有工程における電荷輸送性物質の電荷とは、同じであっても異なっているもよい。

【0065】また、請求項26の発明は、陽極と陰極との間に電荷輸送領域を有する発光素子の製造方法であって、上記陽極あるいは陰極上に媒体を配置する配置工程と、上記媒体中に電荷輸送性物質を含有させる含有工程と、を有することを特徴としている。

【0066】また、請求項27の発明は、請求項22または請求項23に記載の発光素子の製造方法であって、上記含有工程において、上記発光に寄与する物質を上記媒体中に浸透させることによって含有させることを特徴としている。

【0067】また、請求項28の発明は、請求項24に記載の発光素子の製造方法であって、上記含有工程において、上記発光に寄与する物質および上記電荷輸送性物質を媒体中に浸透させることによって含有させることを特徴としている。

【0068】上記方法によって、上記発光に寄与する物

質、あるいは発光に寄与する物質および電荷輸送性物質を、上記発光領域の上記陽極側から陰極側、あるいは、上記陰極側から陽極側に向けて、略連続的に濃度分布をもたせた発光素子を得ることができる。

【0069】また、請求項29の発明は、請求項22または請求項23に記載の発光素子の製造方法であって、上記含有工程において、上記発光に寄与する物質を溶媒に溶かして得られた溶液を、上記媒体に接触させることにより浸透させることを特徴としている。

10 【0070】また、請求項30の発明は、請求項24に記載の発光素子の製造方法であって、上記含有工程において、上記発光に寄与する物質および上記電荷輸送性物質を溶媒に溶かして得られた溶液を、上記媒体に接触させることにより浸透させることを特徴としている。

【0071】上記方法によっても、上記発光に寄与する物質、あるいは発光に寄与する物質および電荷輸送性物質を、上記発光領域の上記陽極側から陰極側、あるいは、上記陰極側から陽極側に向けて、略連続的に濃度分布をもたせた発光素子とすることができる。

20 【0072】また、請求項31の発明は、請求項22または請求項23に記載の発光素子の製造方法であって、上記含有工程において、上記媒体中に発光に寄与する物質をインクジェット法により浸透させることを特徴としている。

【0073】上記方法とすることにより、発光に寄与する物質をインクジェット法により媒体中に浸透させるので、媒体の前駆体として粘度の大きいポリマーを用いた場合には、上記ポリマー溶液と発光に寄与する物質とをインクジェット法により塗布する必要はない。従って、インクジェットのノズルが詰まることなく、また、精細なパターンを容易に形成することができる。

【0074】（第2の発明群）本願発明者らは、従来、有機層全体に拡散していた発光分子をある特定領域に集約すると共に、有機層の表面積を増大させることが高分子系有機発光素子の高効率化につながるという考えに基づき、多孔質化あるいは粗面化された有機層の表面または表面近傍に発光分子を分散させることにより、高輝度発光を実現することができ、上記課題を解決するに至った。

40 【0075】即ち、請求項32の発明は、陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子であって、上記発光領域は発光に寄与する物質を含み、上記陽極と上記陰極との間には、上記発光に寄与する物質を特定の領域に集約するための集約化手段を有することを特徴としている。

【0076】より具体的には、請求項33の発明は、陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子であって、上記発光領域の陽極側あるいは陰極側のうち少なくとも一方が多孔質化されており、上記発光領域の多孔質化された表面に発光に寄与する物質を有する構成であることを特徴としている。

【0077】また、請求項34の発明は、陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子であって、上記発光領域の陽極側あるいは陰極側のうち少なくとも一方が多孔質化されており、上記発光領域の多孔質化された表面近傍に発光に寄与する物質を有する構成であることを特徴としている。

【0078】上記構成とすることにより、発光に寄与する物質を、ある特定領域、具体的には、多孔質化された発光領域の表面または表面近傍に集約することができ、また、発光に寄与する物質が存在する、ホールと電子との再結合領域の表面積を増大させることとなるので、高輝度発光を実現することが可能となる。

【0079】また、請求項35の発明は、請求項33または請求項34に記載の発光素子であって、上記発光領域の多孔質化された表面に電荷輸送性物質を有する構成であることを特徴としている。

【0080】また、請求項36の発明は、請求項33または請求項34に記載の発光素子であって、上記発光領域の多孔質化された表面に、電荷輸送性物質からなる平坦化層を有する構成であることを特徴としている。

【0081】上記構成とすることにより、リーク電流を防止すると共にホールあるいは電子の注入及び輸送を効率よく行うことができる。更には、上記平坦化層により、近接する陽極または陰極との接合面を平滑に保持することができる。

【0082】また、請求項37の発明は、陽極と陰極との間に電荷輸送領域を有する発光素子であって、上記電荷輸送領域の陽極側あるいは陰極側のうち少なくとも一方が多孔質化された構成であることを特徴としている。

【0083】このような構成とすることによって、電極（陽極、陰極）から上記電荷輸送領域に注入される電荷の注入効率を向上することができる。尚、上記構成の場合には、上記電荷輸送領域は、発光特性を有する領域であり、発光領域の特性を兼ね備えるものである。

【0084】また、請求項38の発明は、請求項37に記載の発光素子であって、上記電荷輸送領域は、ホール輸送領域であることを特徴としている。

【0085】また、請求項39の発明は、請求項37に記載の発光素子であって、上記電荷輸送領域は、電子輸送領域であることを特徴としている。

【0086】また、請求項40の発明は、請求項33～請求項36に記載の発光素子であって、上記発光領域が有機物からなることを特徴としている。

【0087】また、請求項41の発明は、請求項33～請求項36に記載の発光素子であって、上記発光領域がポリマーからなることを特徴としている。

【0088】また、請求項42の発明は、陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子であって、上記発光領域の陽極側あるいは陰極側のうち少なくとも一方が粗面化されており、上記発光領域の粗面化された表面に発光

に寄与する物質を有する構成であることを特徴としている。

【0089】また、請求項43の発明は、陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子であって、上記発光領域の陽極側あるいは陰極側のうち少なくとも一方が粗面化されており、上記発光領域の粗面化された表面近傍に発光に寄与する物質を有する構成であることを特徴としている。

【0090】このような構成によっても、発光に寄与する物質が存在する、ホールと電子との再結合領域の表面積を増大させることとなるので、高輝度発光を実現することが可能となる。

【0091】また、請求項44の発明は、請求項42または請求項43に記載の発光素子であって、上記発光領域の粗面化された表面に、電荷輸送性物質からなる平坦化層を有することを特徴としている。

【0092】また、請求項45の発明は、陽極と陰極との間に電荷輸送領域を有する発光素子であって、上記電荷輸送領域の陽極側あるいは陰極側のうち少なくとも一方が粗面化された構成であることを特徴としている。

【0093】このような構成とすることによって、電極（陽極、陰極）から上記電荷輸送領域に注入される電荷の注入効率を向上することができる。また、粗面化された電荷輸送領域上に発光領域が配置されている場合には、上記発光領域と上記電荷輸送領域との接触面積が向上するので、陽極から発光領域に注入されるホールの注入効率向上する。

【0094】また、請求項46の発明は、請求項45に記載の発光素子であって、上記電荷輸送領域は、ホール輸送領域であることを特徴とする。

【0095】また、請求項47の発明は、請求項45に記載の発光素子であって、上記電荷輸送領域は、電子輸送領域であることを特徴とする。

【0096】また、請求項48の発明は、請求項42～請求項44に記載の発光素子であって、上記発光領域が有機物からなることを特徴とする。

【0097】また、請求項49の発明は、請求項42～請求項44に記載の発光素子であって、上記発光領域がポリマーからなることを特徴とする。

【0098】また、請求項50の発明は、表示装置であって、請求項32～請求項49に記載の発光素子を用いたことを特徴とする。

【0099】また、請求項51の発明は、照明装置であって、請求項32～請求項49に記載の発光素子を用いたことを特徴とする。

【0100】上記構成とすることにより、発光効率の向上した表示装置や照明装置を提供することができる。

【0101】また、請求項52の発明は、陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子の製造方法であって、陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子の製造方

法であって、上記陽極あるいは上記陰極上に、上記発光領域を構成するための媒体を配置する媒体配置工程と、上記媒体の少なくとも一部を多孔質化する多孔質化工程と、を有することを特徴としている。

【0102】また、請求項53の発明は、陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子の製造方法であって、上記陽極あるいは上記陰極上に媒体を配置する媒体配置工程と、上記媒体の陽極側あるいは陰極側のうち少なくとも一方を多孔質化する多孔質化工程と、上記媒体の多孔質化された表面に、発光に寄与する物質を配置し、上記媒体と上記発光に寄与する物質とにより発光領域を形成する配置工程と、を有することを特徴としている。

【0103】また、請求項54の発明は、陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子の製造方法であって、上記陽極あるいは上記陰極上に媒体を配置する媒体配置工程と、上記媒体の陽極側あるいは陰極側のうち少なくとも一方を多孔質化する多孔質化工程と、上記媒体の多孔質化された表面近傍に、発光に寄与する物質を含有し、上記媒体と上記発光に寄与する物質とにより発光領域を形成する含有工程と、上記発光領域の多孔質化された表面に電荷輸送性物質を配置する配置工程と、を有することを特徴としている。

【0104】上記方法とすることにより、発光に寄与する物質を、多孔質化された発光領域の表面または表面近傍に集約することができる。また、発光に寄与する物質が存在する、ホールと電子との再結合領域の表面積を増大させることができるので、高輝度発光を実現した発光素子を得ることができる。

【0105】また、請求項55の発明は、請求項53または請求項54に記載の発光素子の製造方法であって、上記発光領域の多孔質化された表面に、電荷輸送性物質を配置する配置工程を有することを特徴としている。

【0106】また、請求項56の発明は、請求項53または請求項54に記載の発光素子の製造方法であって、上記発光領域上に、電荷輸送性物質からなる平坦化層を形成する平坦化層形成工程を有することを特徴としている。

【0107】上記方法のように、発光領域の上方に平坦化層を形成することにより、リーク電流を防止すると共にホールあるいは電子の注入及び輸送を効率よく行うことができると共に、近接する陽極または陰極との接合面を平滑に保持することができる発光素子を得ることができる。

【0108】また、請求項57の発明は、請求項53または請求項54に記載の発光素子の製造方法であって、上記媒体配置工程は、特定の溶媒に可溶性物質を含有する媒体を配置する工程であり、上記多孔質化工程は、上記溶媒により上記物質を溶出することにより多孔質化を行う工程であることを特徴としている。

【0109】また、請求項58の発明は、陽極と陰極と

の間に発光領域を有する発光素子の製造方法であって、上記陽極あるいは上記陰極上に媒体を配置する媒体配置工程と、上記媒体の一部を粗面化する粗面化工程と、を有することを特徴としている。

【0110】また、請求項59の発明は、陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子の製造方法であって、上記陽極あるいは上記陰極上に媒体を配置する媒体配置工程と、上記媒体の陽極側あるいは陰極側のうち少なくとも一方を粗面化する粗面化工程と、上記媒体の粗表面に、発光に寄与する物質を配置し、上記媒体と上記発光に寄与する物質とにより発光領域を形成する配置工程と、を有することを特徴としている。

【0111】また、請求項60の発明は、陽極と陰極との間に発光領域を有する発光素子の製造方法であって、上記陽極あるいは上記陰極上に媒体を配置する媒体配置工程と、上記媒体の陽極側あるいは陰極側のうち少なくとも一方を粗面化する粗面化工程と、上記媒体の粗表面近傍に、発光に寄与する物質を含有させ、上記媒体と上記発光に寄与する物質とにより発光領域を形成する含有工程と、を有することを特徴としている。

【0112】上記方法とすることにより、上記発光に寄与する物質を、粗面化された発光領域の表面または表面近傍に集約することができ、また、発光に寄与する物質が存在する、ホールと電子との再結合領域の表面積を増大させることとなるので、高輝度発光を実現することが可能な発光素子を得ることができる。

【0113】また、請求項61の発明は、請求項59または請求項60に記載の発光素子の製造方法であって、上記発光領域上に、電荷輸送性物質からなる平坦化層を形成する平坦化層形成工程を有することを特徴としている。

【0114】上記方法とすることにより、リーク電流を防止すると共にホールあるいは電子の注入及び輸送を効率よく行うことができると共に、近接する陽極または陰極との接合面を平滑に保持した発光素子を得ることができる。

【0115】また、請求項62の発明は、請求項59または請求項60に記載の発光素子の製造方法であって、上記粗面化工程は、ドライエッチングにより上記発光領域を粗面化する工程であることを特徴としている。上記ドライエッチングにより、容易に発光領域の粗面化を行うことができる。

【0116】

【発明の実施の形態】（第1の発明群における実施の形態）以下、本発明の第1の発明群について図面に基づいて説明する。

【0117】尚、以下に示す実施の形態（第2の発明群でも同様）では、有機発光素子について説明するが、上記発明の概念は、有機発光素子だけではなく、例えば、有機バインダーに無機発光体を分散させて発光領域を構

成する無機発光素子等にも同様に適用することができ
る。

【0118】【実施の形態1-1】図1は、本発明の実施
の形態1-1に係る有機発光素子の概略断面図である。
図1に示すように、有機発光素子10は、基板1上に形
成された陽極2と、上記陽極2に対向配置された陰極4
と、上記陽極2と上記陰極4との間に配置された発光領
域3と、を備えた構成である。

【0119】上記発光領域3は、ポリマー3Aと、発光
に寄与する物質である発光分子3Gと、電荷輸送性物質
3Fと、を含んだ構成である。尚、図1では、1種類の
発光分子のみについて示している。

【0120】また、上記発光分子3G及び電荷輸送性物
質3Fは、発光領域3の膜厚（陽極1から陰極4へ向か
う）方向において濃度に分布がある。即ち、発光領域3
内で、陰極4に近い側（図中上側）では発光分子3G及
び電荷輸送材3Fの濃度は濃く、陽極2に近い側（図中
下側）では濃度が薄い。また、好ましくは、発光領域3
の膜厚方向において、上記発光分子3G及び電荷輸送性
物質3Fが存在しない領域を有するほうがよい。即ち、
発光領域3内で、陽極2に近い側に、発光分子及び電荷
輸送材が存在せず、ポリマー3Aのみが存在する領域が
あるほうが好ましい。

【0121】尚、上記発光分子3G及び電荷輸送性物質
3Fが膜厚方向において濃度分布があるとしたが、発光
領域3内で、発光分子3Gのみが膜厚方向において濃度
分布を示し、電荷輸送性物質3Fは膜厚方向で均一に分
布していてもよい。

【0122】また、発光領域3がポリマー3Aと発光分
子3Gのみから構成され（電荷輸送性物質3Fは存在せず）、
発光分子3Gが膜厚方向での濃度に分布を持つ有機発
光素子としてもよい。

【0123】本発明の有機発光素子の発光機構は、以下
の通りである。即ち、図1に示した有機発光素子10に
おいて、陽極2に正の、陰極4に負の電圧を印加する
と、陽極2からホールが、陰極4から電子が発光領域3
に注入される。そして、注入されたホールは陰極4に、
電子は陽極2に向かって流れ出す。発光領域3中でホール
と電子が再結合し、これにตอบสนองして発光領域3中の発
光分子3Gから蛍光あるいは燐光が発せられる。

【0124】ここで、発光の電流効率（注入された電流
に対する発光の効率）を決定する主な因子として、以下
の点が挙げられる。

- (1) 注入電流に対するホールと電子の再結合効率
- (2) 再結合に伴う発光分子の励起子生成効率
- (3) 発光分子の励起子からの発光量子効率

【0125】上記のうち、(2)と(3)については、
ほぼ発光分子そのものの性質で決定されるものである。

【0126】一方、(1)のホールと電子の再結合効率
については、ホールと電子のバランスに最も影響を受け

る。即ち、ホールと電子のバランスが悪ければ、過剰な
キャリアは電極から注入されても発光領域中で再結合せ
ずに反対側の電極まで到達してしまい、発光に寄与しな
い無駄な電流となる。

【0127】そこで、発光領域中での各キャリアの移動
度を上げてやれば、ホールと電子のバランスよく流れ、
発光効率も向上する。具体的には、ホールの移動度が
 $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 以上、電子の移動度が
 $5 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 以上であることが好ましい。

【0128】また、上記した発光機構から考えると、発
光領域内の膜厚方向において、ホール輸送能の大きい領
域と電子輸送能の大きい領域が存在する場合、具体的
には発光領域内の陽極側がホール輸送能が大きく、陰極
側が電子輸送能が大きい場合、それぞれ陽極と陰極から注
入されたホールと電子は上記両領域の界面付近で局所的
に再結合する。

【0129】従って、図1に示すように、発光分子3G
及び電荷輸送性物質3Fが膜厚方向で濃度分布を持つこ
とにより、好ましくは、発光領域3の膜厚方向におい
て、上記発光分子3G及び電荷輸送性物質3Fが存在し
ない領域を有することにより、発光領域3内でキャリア
輸送能の異なる領域が形成されるため、上記(1)の再
結合効率がさらに増大し、発光効率も向上する。

【0130】【実施の形態1-2】図2は、本発明の実施
の形態1-2に係る有機発光素子の構成を示す概略図で
あり、図2(a)は有機発光素子の概略概念図、図2
(b)は図2(a)のA-A線矢視断面図である。

【0131】図2に示すように、有機発光素子20は、
基板21上にストライプ状に形成された陽極22と、該
陽極22上に形成された発光領域23と、該発光領域2
3上に上記陽極22と直交するようストライプ状に形成
された陰極24と、を備えた単純マトリックス型の構成
である。

【0132】上記基板21は、本発明の有機発光素子2
0を担持できるものであればよく、ガラスあるいはポリ
カーボネート、ポリメチルメタクリレート、ポリエチレ
ンテレフタレートなどの樹脂フィルムなどの透明基板、
またはシリコンなどの不透明基板を用いることができ
る。

【0133】上記陽極22及び上記陰極24のうち少な
くとも一方は、透明あるいは半透明である必要があり、
そのどちらか一方あるいは両方の電極を通して発光領域
23からの発光を外部に取り出す。

【0134】上記陽極22としては、通常、インジウム
ティンオキシド(ITO)、酸化錫などの透明電極を
用いることが多いが、Ni、Au、Pt、Pdなどの金
属電極を用いてもよい。ITO膜はその透明性を向上さ
せ、または抵抗率を低下させる目的で、スパッタ、エレ
クトロンビーム蒸着、イオンプレーティングなどの成膜
方法が採用されている。また、膜厚は必要とされるシー

ト抵抗値と可視光透過率から決定されるが、有機発光素子では比較的駆動電流密度が高いため、シート抵抗値を小さくするため1000 Å以上の厚さで用いられることが多い。

【0135】上記陰極24としては、Al、Ag、Auなどの金属、MgAg合金、AlLi合金などの仕事関数の低い金属と比較的仕事関数が大きく安定な金属の合金、Li/Al、LiF/Alなどの仕事関数の低い金属と仕事関数の高い金属の積層電極などを用いることができる。これら陰極の形成には蒸着法やスパッタ法が好ましい。

【0136】尚、陽極22及び陰極24は、互いに直交したストライプ状の電極であり、選択された陽極及び陰極に順方向に電圧を印加することにより、両電極の交点の発光領域が印加電圧に応じた輝度で発光する。

【0137】また、本実施の形態では、下から基板21/陽極22/発光領域23/陰極24の順に積層されているが、必ずしもこの順に積層する必要はなく、下から基板21/陰極24/発光領域23/陽極22の順としてもよい。

【0138】また、基板21側の電極、即ち陽極22のみが透明で、陰極24が不透明な場合、発光を外部に取り出すためには基板21も透明基板である必要がある。

【0139】次に、上記発光領域23について説明する。上記発光領域23は、ポリマー23A、発光分子(赤)23R、発光分子(緑)23G、発光分子(青)23Bからなる。ポリマー23Aは、発光領域23の面内方向において連続的に配置されており、発光物質23R・23G・23Bは、上記陰極24および上記陽極22に平行な方向に、隣接して複数配置されている。また、上記発光物質23R・23G・23Bの濃度は、それぞれ、上記陰極24および上記陽極22に平行な方向において、上記発光領域の略中央から周辺へ向けて略連続的に減少するような分布を有している。

【0140】次に、本発明の実施の形態1-2に係る有機発光素子の製造方法について説明する。図3は、本発明の実施の形態1-2に係る有機発光素子の製造方法を示す概略断面図である。

【0141】(1) まず、図3(a)に示すように、基板21上にスパッタ、エレクトロンビーム蒸着、イオンプレーティングなどの成膜法により、ITO等からなる陽極22を形成する。

【0142】(2) 次に、図3(b)に示すように、上記陽極22を所望のパターン(ここではストライプ状)にパターンニングする。例えば、ITO電極の場合、フォトリソグرافを用いて通常のフォトリソグラフィによりパターンニングした後、ヨウ化水素酸等でエッチングを行う。

【0143】(3) 次に、図3(c)に示すように、上記陽極22上に、例えば、ポリ-N-ビニルカルバゾー

ル等からなるポリマー23Aを成膜する。成膜は、蒸着法、スパッタ法、塗布法など、いずれの方法を用いてもよいが、主に塗布法により行う。即ち、ポリ-N-ビニルカルバゾールをトルエンあるいはクロロホルム等の溶媒に溶かした溶液を用いてスピンコート法等により、基板1上に塗布する。上記ポリマー23Aの膜厚は特に制限しないが、好ましくは約500~3000 Å程度がよい。

【0144】(4) 次に、図3(d)に示すように、上記ポリマー23Aを成膜した後、所望の位置に所望の発光色を持つ発光分子を浸透させる。具体的には、RGBフルカラーパネルを作製する場合、まず赤色の発光分子23Rを溶媒に溶かした溶液を、インクヘッド27…を用いてインクジェット法により吐出し、ITOからなるストライプ状陽極22…のうち、赤色用の電極(2本おき)上に滴下し、浸透させる。

【0145】(5) 次に、図3(e)に示すように、同様に緑色の発光分子23Gの溶液をインクヘッド27を用いて緑色用のストライプ状陽極22上に吐出する。

【0146】(6) 次に、図3(f)に示すように、青色の発光分子23Bの溶液を同様に、青色用の陽極22上に吐出する。尚、赤、緑、青の発光分子の滴下順に特に制約はなく、どの順番に滴下してもよい。また、発光分子を滴下した後、熱処理を行うことが好ましい。即ち、熱処理することにより、発光分子23R・23G・23Bの、ポリマー23Aへの浸透が促進できる。さらに、ポリマー23Aへの浸透を促進するため、発光分子を溶かす溶媒として、ポリマー23Aが可溶性液体を用いることが好ましい。

【0147】(7) 次に、図3(g)に示すように、ストライプ状陽極22と直交するように、ストライプ状の陰極24を形成する。成膜は、所望のパターンを形成した蒸着マスクを用いて、蒸着法あるいはスパッタ法等により行う。

【0148】尚、本実施の形態1-2では、ポリマーに発光分子を浸透させるとしたが、ポリマーに発光分子及び電荷輸送性物質を浸透させてもよい。また、電荷輸送性物質を分散したポリマーに発光分子を浸透させてもよい。

【0149】上記方法により、発光分子23R・23G・23Bをインクジェット法によりポリマー中に浸透させるので、粘度の大きいポリマー溶液をインクジェット法により塗布する必要はなくなる。従って、インクジェットのノズルが詰まることはなく、発光分子を塗布することができ、そして、微細なパターンを形成することが可能となる。

【0150】次に、上記製造方法により作製された有機発光素子の発光領域の構成について、図5を用いて説明する。図5は、本発明の実施の形態1-2に係る有機発光素子の発光領域の濃度分布について説明するための概

略図である。

【0151】即ち、図5に示すように、発光領域23の面内方向（電極に平行な方向）においては、ストライプ状の陽極22…上にそれぞれ発光分子（赤）23R、発光分子（緑）23G、発光分子（青）23Bが分散されているが、各発光分子23R・23G・23Bの濃度分布は、各陽極22…の略中央上方位置において最大となり、各陽極22の両側に向かうに連れて、各発光分子23R・23G・23Bの濃度は減少する。

【0152】このような構成であるので、各発光分子23R・23G・23Bのそれぞれの境界付近の濃度は小さいので、各発光分子23R・23G・23Bが混じり合うようなことはなく、混色が小さく、フルカラー表示性能に優れたものである。

【0153】さらに、上記ポリマー23A中に、インクジェット27…を用いてインクジェット法により発光分子23R・23G・23Bを浸透させているので、上記発光分子23R・23G・23Bは、発光領域23の陰極24側の方が、陽極22側よりも濃度が高くなる。

【0154】よって、上記実施の形態1-1と同様に、本実施の形態1-2の有機発光素子は、電子とホールとの再結合効率が増大し、発光効率が向上する。

【0155】図4は、本発明の実施の形態1-2に係る有機発光素子の製造方法の他の例を示す概略断面図である。

【0156】図4（c）までは、図3の場合と同様の工程であり、陽極2が形成された基板1上にポリマー3Aを形成する。

【0157】次に、発光分子3R・3G・3Bをポリマー3Aに以下の方法で浸透させる。

【0158】まず、ITOからなるストライプ状陽極2のうち、赤色用の電極上のみ開口部を設けたマスク8を基板1上に設置した後、赤色発光分子を溶媒に溶かした溶液を用いて、図4（d）に示すように蒸気処理を行う。こうして、所望の位置に赤色発光分子3Rを浸透させる。

【0159】続いて、同様の方法で、図4（e）、（f）に示すように緑色発光分子3G、青色発光分子3Bを浸透させる。尚、赤、緑、青の発光分子の蒸気処理の順に特に制約はなく、どの順番に行ってもよい。また、発光分子の蒸気処理後、熱処理を行うことが好ましい。即ち、熱処理により、発光分子3B～3Dの、ポリマー3Aへの浸透が促進できる。さらに、ポリマー3Aへの浸透を促進するため、発光分子を溶かす溶媒として、ポリマー3Aが可溶性液体を用いることが好ましい。

【0160】最後に、図3の場合と同様に、ストライプ状陽極2と直交するように、ストライプ状の陰極4を形成する。

【0161】尚、上記ではポリマーに発光分子を浸透さ

せるとしたが、ポリマーに発光分子及び電荷輸送材を浸透させてもよい。また、電荷輸送材を分散したポリマーに発光分子を浸透させてもよい。

【0162】また、本発明に係る有機発光素子の製造方法の別の例は、印刷法により、発光分子をポリマー中に浸透させる方法である。

【0163】即ち、図4（d）～（f）で、発光分子3R・3G・3Bを蒸気処理によりポリマー3Aに浸透させるのに代えて、発光分子の溶液をオフセット印刷あるいはスクリーン印刷法を用いてポリマー3A上に塗布し、浸透させるものである。

【0164】この場合も、上記と同様、発光分子の印刷後に熱処理を行うことが好ましい。さらに、発光分子を溶かす溶媒として、ポリマー3Aが可溶性液体を用いることが好ましい。また、ポリマーに発光分子を浸透させる代わりに、ポリマーに発光分子及び電荷輸送材を浸透させてもよく、電荷輸送材を分散したポリマーに発光分子を浸透させてもよい。

【0165】[実施の形態1-3]図6は、本発明の実施の形態1-3に係る有機発光素子の概略断面図である。本実施の形態1-3が上記実施の形態1-2と異なる点は、発光領域23中に発光分子23R・23G・23B以外に、電荷輸送性物質23E…が存在することである。ここで、ポリマー23Aと電荷輸送性物質23Eとは、発光領域23の面内方向において連続的に配置されている。言い換えれば、電荷輸送性物質23Eは、ポリマー23A中に均一に分散されている。発光分子23R・23G・23Bについては、上記実施の形態1-2と同様、各々のストライプ状の陽極22…上にそれぞれ分散されている。

【0166】[実施の形態1-4]図7は、本発明の実施の形態1-4に係る有機発光素子の概略断面図である。図7において、図6と異なる点は、電荷輸送材23Eが発光領域23の面内方向において連続的に配置されているのではなく、発光分子23R・23G・23Bと同様に、面内方向において濃度に分布を持つことである。即ち、発光分子23R・23G・23Bの濃度が大きい部分に電荷輸送性物質23Eも高濃度で存在する。

【0167】[実施の形態1-2～1-4に関する共通事項]ポリマー材料としては、電荷輸送性のポリマーが好ましく、中でもホール輸送性のポリマーが好ましい。ホール輸送性のポリマーは、そのキャリア移動度が $1 \times 10^{-7} \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 以上のものが好ましく、特に、ポリ-N-ビニルカルバゾールが好ましい。

【0168】ホール輸送性ポリマーを用いた場合、電荷輸送材としては、電子輸送材を用いることが好ましい。さらに、電子輸送材のキャリア移動度は、 $5 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 以上のものが好ましい。特に、オキサゾール誘導体、オキサジアゾール誘導体、トリアゾール誘導体、ピラジン誘導体、アルダジン誘導体、キノリノール錯体

及びその誘導体が好ましい。また、電子輸送材の含有率は、上記ポリマーに対して30～120重量%であることが好ましい。即ち、含有率が30重量%未満では電子輸送能が十分でなく、120重量%より多ければポリマーへの分散性が悪くなる。

【0169】発光分子としては、ホール・電子再結合に応答して発光を示す蛍光物質あるいは燐光物質を用いればよく、特に強い蛍光あるいは燐光を示す物質としては、シアニン色素、メロシアニン色素、スチリル系色素、アントラセン誘導体、ポルフィリン誘導体、フタロシアニン誘導体、クマリン、DCM、ナイルレッドなどの色素及びレーザ色素を用いることができる。また、発光分子としては、該発光分子のイオン化ポテンシャルが上記ホール輸送性ポリマーのイオン化ポテンシャルよりも小さく、かつ該発光分子の電子親和力が上記電子輸送材の電子親和力よりも大きい物質が好ましい。

【0170】【実施の形態1-5】図8～図10は、本発明の実施の形態1-5に係る有機発光素子の概略断面図である。図8～図10において、25はホール注入層、26は電子注入層、23Gは発光分子、23Hはホール輸送性材料、23Iは電子輸送性材料である。

【0171】上記ホール注入層25は、陽極22から発光領域23へのホール注入を補助する目的で挿入される。ホール注入層25としては、そのイオン化ポテンシャル($I_p(h)$)と、上記ポリマーのイオン化ポテンシャル($I_p(p)$)及び上記陽極のイオン化ポテンシャルあるいは仕事関数($I_p(a)$)との関係が、 $I_p(a) < I_p(h) < I_p(p)$ となる材料を用いることが好ましい。特に、ポリアニリン誘導体、ポリチオフェン誘導体、アモルファスカーボンのうち、少なくとも1種からなることが好ましい。

【0172】また、上記電子注入層26は、陰極24から発光領域23への電子注入を補助する目的で挿入される。電子注入層26としては、その電子親和力あるいは仕事関数が、上記陰極の仕事関数よりも小さい材料を用いることが望ましい。特に、ジリチウムフタロシアニン、ジソディウムフタロシアニン、有機ホウ素錯化合物のうち少なくとも1種からなることが好ましい。

【0173】ホール輸送材23Hは、ホール注入層と同様に陽極22から発光領域23へのホール注入を補助する目的で導入される。ただしホール注入層25とは異なり、陽極22と発光領域23の間に層として挿入されるのではなく、発光領域中に直接分散される。

【0174】ホール輸送材23Hとしては、そのイオン化ポテンシャルが、上記ポリマーのイオン化ポテンシャルよりも小さい材料を用いることが好ましい。また、ホール輸送材の含有率は、上記ポリマーに対して10～120重量%であることが好ましい。即ち、10重量%未満では十分なホール注入ができず、120重量%より多ければポリマーへの分散性が悪くなる。

【0175】上記ホール注入層25、電子注入層26、

ホール輸送材23Hの導入による効果を、図を用いて説明する。図11～図14は、本発明に係る有機発光素子のエネルギーダイアグラムである。

【0176】図11は、陽極／発光領域（ホール輸送性ポリマー＋電子輸送材＋発光分子（発光材））／陰極の構成の有機発光素子、図12は、陽極／ホール注入層／発光領域（ホール輸送性ポリマー＋電子輸送材＋発光分子）／陰極の構成の有機発光素子のエネルギーダイアグラム及びその動作機構を表す。前述した通り、有機発光素子に電圧を印加した場合、陽極からホールが、陰極から電子が発光領域に注入される。さらに詳しくは、図11に示すように、両キャリアは注入障壁のより小さい物質、即ちホールは発光領域中のホール輸送性ポリマーに、電子は発光領域中の電子輸送材に注入される。ここで、両キャリア（ホール及び電子）の注入障壁が小さいほど注入は容易に起こり、駆動電圧は低下する。従って電流効率が同じでも、駆動電圧の低減により、発光の電力効率（投入電力に対する発光の効率）を向上させることができる。そこで、例えばイオン化ポテンシャルが陽極とホール輸送性ポリマーの間にあるようなホール注入層を挿入した場合、図12に示すようにホール注入障壁は緩和され、駆動電圧も低減できる。さらに、図11に示すようにホール注入障壁が電子注入障壁に比べて大きい場合、ホール注入障壁を小さくすることにより、ホール注入量と電子注入量のバランスがよくなるため、前述したような効果で電流効率の向上も期待できる。また、図13は陽極／発光領域（ホール輸送性ポリマー＋電子輸送材＋発光分子）／電子注入層／陰極の構成の有機発光素子のエネルギーダイアグラムである。ホール注入障壁と同様に、電子注入障壁についても、陰極に比べて小さい電子親和力をもつ電子注入層を挿入することにより、図13に示すように障壁を小さくすることができ、駆動電圧の低減及び発光効率を向上できる。一方、図14は陽極／発光領域（ホール輸送性ポリマー＋ホール輸送材＋電子輸送材＋発光分子）／陰極の構成の有機発光素子のエネルギーダイアグラムである。この場合、ホール輸送材のイオン化ポテンシャルがホール輸送性ポリマーよりも小さいため、図に示すようにホールは陽極から直接発光領域中のホール輸送材に注入され、ホール輸送性ポリマーに注入された場合に比べて注入障壁は小さくなる。従って、ホール注入層を挿入した場合と同様に、駆動電圧を低減できると同時に電流効率の向上も期待できる。

【0177】もちろん、上記構成の組み合わせ、即ちホール注入層及び電子注入層の両方を挿入、あるいは発光領域をホール輸送性ポリマー＋ホール輸送材＋電子輸送材＋発光分子として、さらに電子注入層を挿入する、あるいは発光領域の膜厚方向において発光分子、各電荷輸送材の濃度が分布を持つ等の構成としてもよい。

【0178】尚、上記実施の形態1-1～1-5では、

単純マトリクス方式の有機発光素子の例を示したが、例えば、薄膜トランジスタ上に上記構成の発光素子を形成し、アクティブマトリクス方式のディスプレイパネルとしてもよい。

【0179】次に、上記実施の形態に基づいた実験例について、さらに詳細に説明する。

（実験例1）上記実施の形態1-1で示した図3の工程に従い、有機発光素子を下記の通り作製した。即ち、基板1として、厚さ0.7mmのガラス基板を用い、この上に陽極2として、ITOをスパッタ法により成膜した。尚、ITOの膜厚は約1000Å、シート抵抗は約15Ω/□とし、フォトリソグラフィにより、幅300μmのストライプ状にパターンニングした。

【0180】次に、上記基板を洗浄、酸素プラズマ処理した後、ポリマー3Aとしてポリ-N-ビニルカルバゾール（PVK）（分子量約28000）を成膜した。PVKはホール輸送性ポリマーであり、そのキャリア移動度は約 $2 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ である。成膜は、PVK 300mgをトルエン30mlに溶かした溶液を用いて、スピコート法により行った。スピコートは、スピ尚用いて密閉した状態で500rpm・10秒、1000rpm・30秒の条件で行った。

【0181】次に、ホットプレートを用いて110℃で1分間熱処理を行った。PVKの膜厚は約1000Åであった。

【0182】次に、市販のインクジェットプリンターを用いて、発光分子を所望のITO電極上の位置に滴下し、発光領域を形成した。発光分子は、赤色用（3R）としてナイルレッドを、緑色用（3G）としてクマリン6を、青色用（3B）としてクマリン47を用いた。各発光分子は、それぞれ1mgをクロロホルム10mlに溶かした溶液を用いて、インクヘッド7から吐出した。各発光分子を滴下した際、その都度ホットプレートを用いて110℃で1分間熱処理を行った。

* 【表1】

	電流効率 (cd/A)			駆動電圧 (100cd/m ² 時) (V)			電力効率 (100cd/m ² 時) (lm/w)		
	赤	緑	青	赤	緑	青	赤	緑	青
実験例1	1.5	3.0	1.7	12.0	11.0	12.0	0.4	0.9	0.4
実験例2	3.0	6.0	3.4	10.4	9.0	10.0	0.9	2.1	1.1
実験例3	3.3	7.2	4.0	9.2	8.0	9.0	1.1	2.8	1.4
実験例4	1.8	4.1	2.0	10.5	9.2	10.3	0.5	1.4	0.6
実験例5	1.9	4.2	2.0	10.5	9.0	10.0	0.6	1.5	0.6
実験例6	1.9	4.2	2.1	10.4	9.0	10.1	0.6	1.5	0.7
実験例7	1.8	4.1	2.0	10.5	9.0	10.0	0.5	1.4	0.6
実験例8	1.7	4.0	2.1	10.2	8.8	9.9	0.5	1.4	0.7
実験例9	1.8	4.5	2.2	10.3	8.9	9.9	0.5	1.6	0.7
実験例10	3.5	7.1	3.8	9.0	7.6	8.7	1.2	2.9	1.4
実験例11	1.6	3.2	1.5	12.0	11.0	12.1	0.4	0.9	0.4
実験例12	3.0	6.1	3.2	10.4	9.0	10.1	0.9	2.1	1.0
実験例13	3.4	7.0	4.0	9.2	8.0	9.1	1.2	2.7	1.4
実験例14	1.5	3.1	1.6	10.5	9.2	10.2	0.4	1.1	0.5
実験例15	3.0	6.1	3.0	10.5	9.0	10.0	0.9	2.1	0.9
実験例16	3.5	7.2	3.9	10.4	9.0	10.1	1.1	2.5	1.2

【0188】（実験例2）実験例1において、ポリマー3AとしてPVKを成膜する代わりに、2-（4-ビフェニル）-5-（4-tertブチルフェニル）-1,3,

* 【0183】最後に、陰極4としてLi/Al積層電極を真空蒸着法により成膜した。成膜は、真空度約 $5 \times 10^{-6} \text{ Torr}$ 下で行い、まずLiを約 0.5 Å/sec のレートで10Å蒸着した後、Alを約 30 Å/sec で1500Å蒸着した。陰極の形状は、蒸着マスクにより、陽極2と直交するストライプ状とし、幅は300μmとした。

【0184】各材料のエネルギーレベルについては、ITOのイオン化ポテンシャルが4.9eV、PVKのイオン化ポテンシャルが5.6eV、電子親和力が2.0eV、ナイルレッドのイオン化ポテンシャルが5.3eV、電子親和力が3.5eV、クマリン6のイオン化ポテンシャルが5.4eV、電子親和力が2.9eV、クマリン47のイオン化ポテンシャルが5.4eV、電子親和力が2.5eVである。Liの仕事関数が2.9eV、Alの仕事関数が4.3eVである。

【0185】また、発光領域3中の発光分子の濃度分布を調べるため、クマリン6を滴下した部分の膜厚方向の元素分析を行ったところ、クマリン6にのみ含有されるイオウの量が、陰極側から陽極側に行くにしたがって少なく、さらに陽極付近にはクマリン6は存在しないことが分かった。

【0186】こうして作製した有機発光素子において、選択されたストライプ状の陽極及び陰極間に順方向に10V程度の電圧を印加すると、両電極に挟まれた部分（画素）が、それぞれ発光分子に対応した色（ナイルレッド：赤、クマリン6：緑、クマリン47：青）で明るく発光した。即ち、所望の位置（画素）を所望の色で発光させることが可能な単純マトリクスディスプレイが作製できた。

【0187】また、各発光色の電流効率（cd/Å）、輝度100cd/m²時の駆動電圧、及び輝度100cd/m²時の電力効率（lm/W）を表1に示す。

* 【表1】

4-オキサジアゾール（PBD）を分散したPVKを成膜した。PBDは電子輸送材であり、そのキャリア移動度は約 $2 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ である。また、イオン

化ポテンシャルは6.1 eV、電子親和力は2.4 eVである。成膜は、PVK 300 mg及びPBD 180 mgをトルエンとクロロホルム1:1の混合溶媒30 mlに溶かした溶液を用いて、実験例1と同じ条件でスピコート法により行った。この素子の特性を(表1)に示す。

【0189】(実験例3) 実験例1において、発光分子を滴下する代わりに各発光分子とPBD(電子輸送材)の混合溶液を滴下した。即ち、1 mgのナイルレッド+PBD 100 mg、1 mgのクマリン6+PBD 100 mg、1 mgのクマリン47+PBD 100 mgをそれぞれトルエンとクロロホルム1:1の混合溶媒30 mlに溶かした溶液をインクジェット法により、PVK上に滴下した。この素子の特性を(表1)に示す。

【0190】(実験例4) 実験例1において、陽極と発光領域の間にホール注入層を挿入した。即ち、図8に示す素子構成とした。ホール注入層としては、市販のポリチオフェン誘導体を用いて、PVKを成膜する前にスピコート法により形成し、膜厚は150 Åとした。ここで使用したポリチオフェン誘導体のイオン化ポテンシャルは、5.3 eVである。この素子の特性を(表1)に示す。

【0191】(実験例5) 実験例4のホール注入層として、ポリチオフェン誘導体の代わりに上記ポリチオフェン誘導体と同等のイオン化ポテンシャルを示す市販のポリアニリン誘導体を用いた。ポリアニリン誘導体の成膜は実験例2と同様に行い、膜厚は150 Åとした。この素子の特性を(表1)に示す。

【0192】(実験例6) 実験例4のホール注入層として、ポリチオフェン誘導体の代わりにアモルファスカーボンを用いた。アモルファスカーボンは、スパッタ法により形成し、膜厚は100 Åとした。アモルファスカーボンのイオン化ポテンシャルは、5.2 eVである。この素子の特性を(表1)に示す。

【0193】(実験例7) 実験例1において、発光領域と陰極の間に電子注入層を挿入した。即ち、図9に示す素子構成とした。電子注入層としては、ジリチウムフタロシアニンを用い、PVK上に各発光分子を滴下した後、真空蒸着法により成膜した。さらに続けて陰極としてAlを成膜した。電子注入層及び陰極の形成は、ジリチウムフタロシアニンを約0.3 Å/secのレートで10 Å成膜した後、Alを約30 Å/secで1500 Å成膜した。ジリチウムフタロシアニンの電子親和力は3.0 eVである。この素子の特性を(表1)に示す。

【0194】(実験例8) 実験例7の電子注入層として、ジリチウムフタロシアニンの代わりにこれと同等の電子親和力を示すジソディウムフタロシアニンを用いた。ジソディウムフタロシアニンの成膜は実験例7と同様に行い、膜厚は10 Åとした。この素子の特性を(表1)に示す。

【0195】(実験例9) 実験例7の電子注入層として、ジリチウムフタロシアニンの代わりに4,4,8,8-テトラキス(1H-ピラゾール-1-イル)ピラザボールを用いた。4,4,8,8-テトラキス(1H-ピラゾール-1-イル)ピラザボールの成膜は実験例7と同様に行い、膜厚は10 Åとした。4,4,8,8-テトラキス(1H-ピラゾール-1-イル)ピラザボールの電子親和力は2.3 eVである。この素子の特性を(表1)に示す。

【0196】(実験例10) 実験例3において、ポリマー3AとしてPVKを成膜する代わりにホール輸送材としてN,N'-ジフェニル-N,N'-ビス(3-メチルフェニル)-1,1'-ビフェニル-4,4'-ジアミン(TPD)を分散したPVKを成膜した。即ち、図10に示す素子を作製した。TPDのイオン化ポテンシャルは5.4 eVである。成膜は、PVK 300 mg及びPBD 180 mgをトルエンとクロロホルム1:1の混合溶媒30 mlに溶かした溶液を用いて、実験例1と同じ条件でスピコート法により行った。成膜後は、実験例3と同様に各発光分子とPBDの混合溶液を滴下した。この素子の特性を(表1)に示す。

【0197】(実験例11) 図4の工程に従い、有機発光素子を作製した。図4(c)までの工程を実験例1と同様に行った後、各発光分子を蒸気処理によりポリマー3Aに浸透させ、発光領域を形成した。発光分子は、実験例1と同様、ナイルレッド、クマリン6、クマリン47を用いた。蒸気処理は以下の通り行った。即ち、まず、ITOからなるストライプ状陽極2のうち、赤色用の電極上のみ開口部を設けたマスクを基板上に設置した後、10 mgのナイルレッドをトルエン10 mlに溶かした溶液を加熱して発生する蒸気にさらした。さらに、ホットプレートにより、110℃で1分間熱処理を行った。こうして、所望の位置にナイルレッドを浸透させた。続いて、緑色用の電極上に開口部が来るようにマスクを移動し、10 mgのクマリン6をトルエン10 mlに溶かした溶液を加熱して発生する蒸気にさらし、110℃・1分間熱処理した。続いて同様にマスクを移動した後、10 mgのクマリン47をトルエン10 mlに溶かした溶液を用いて蒸気処理し、110℃・1分間熱処理した。最後に、陰極24としてLi/Al積層電極を実験例1と同様に真空蒸着法により成膜した。この素子の特性を(表1)に示す。

【0198】(実験例12) 実験例11において、ポリマー3AとしてPVKを成膜する代わりに、2-(4-ビフェニル)-5-(4-tertブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(PBD)を分散したPVKを成膜した。成膜は、PVK 300 mg及びPBD 180 mgをトルエンとクロロホルム1:1の混合溶媒30 mlに溶かした溶液を用いて、実験例1と同じ条件でスピコート法により行った。この素子の特性を(表1)に示す。

に示す。

【0199】（実験例13）実験例11において、発光分子の蒸気処理を行う代わりに各発光分子とPBDの混合溶液を用いて蒸気処理を行った。即ち、1mgのナイルレッド+PBD100mg、1mgのクマリン6+PBD100mg、1mgのクマリン47+PBD100mgをそれぞれトルエンとクロロホルム1：1の混合溶媒30mlに溶かした溶液を用いて、PVK上に蒸気処理を行った。この素子の特性を（表1）に示す。

【0200】（実験例14）実験例1において、発光分子を滴下する代わりに印刷法により発光分子を浸透させた。実験例1と同様の工程で基板上にPVKを成膜した後、ナイルレッド1mgをトルエン10mlに溶かした溶液を用いて、所望のITO電極上にスクリーン印刷法により塗布し、ホットプレートにより10℃で1分間熱処理した。同様にクマリン6、クマリン47それぞれ1mgをトルエン10mlに溶かした溶液を用いて、所望のITO電極上にスクリーン印刷法により塗布し、ホットプレートにより110℃で1分間熱処理した。最後に、陰極24としてLi／Al積層電極を実験例1と同様に真空蒸着法により成膜した。この素子の特性を（表1）に示す。

【0201】（実験例15）実験例14において、ポリマー3AとしてPVKを成膜する代わりに、2-（4-ビフェニル）-5-（4-tertブチルフェニル）-1,3,4-オキサジアゾール（PBD）を分散したPVKを成膜した。成膜は、PVK300mg及びPBD180mgをトルエンとクロロホルム1：1の混合溶媒30mlに溶かした溶液を用いて、実験例1と同じ条件でスピコート法により行った。この素子の特性を（表1）に示す。

【0202】（実験例16）実験例14において、発光分子のスクリーン印刷を行う代わりに各発光分子とPBDの混合溶液を用いてスクリーン印刷を行った。即ち、1mgのナイルレッド+PBD100mg、1mgのクマリン6+PBD100mg、1mgのクマリン47+PBD100mgをそれぞれトルエンとクロロホルム1：1の混合溶媒30mlに溶かした溶液を、PVK上にスクリーン印刷法により塗布した。この素子の特性を（表1）に示す。

【0203】（第2の発明群における実施の形態）第2の発明群の発光素子は、陽極と陰極との間に発光領域を有し、上記発光領域は発光に寄与する物質を含み、上記陽極と上記陰極との間には、上記発光に寄与する物質を特定の領域に集約するための集約化手段を有することを特徴としている。より具体的には、陽極と陰極との間に発光領域を有し、上記発光領域は発光に寄与する物質を含み、上記陽極と上記陰極との間に多孔質化あるいは粗面化された領域を有し、該多孔質化された領域の表面または表面近傍に、上記発光に寄与する物質を配置してい

る。

【0204】上記のように、多孔質化あるいは粗面化された領域を有することにより、発光に寄与する物質をある特定領域（多孔質化あるいは粗面化された領域の表面または表面近傍）に集約し、発光に寄与する物質が存在する、ホールと電子との再結合領域の表面積を増大させることとなるので、高輝度発光を実現することが可能となる。

【0205】また、上記構成の発光素子を、表示装置や照明装置に適用することにより、高輝度性能を有する表示装置や照明装置を実現することができる。

【0206】以下に示す実施の形態2-1では、発光領域を多孔質化した発光素子の構成、実施の形態2-2では、発光領域を粗面化した構成、さらに、実施の形態2-3では、電荷輸送領域を多孔質化あるいは粗面化した構成について具体的に説明する。

【0207】[実施の形態2-1]図15は、本発明の実施の形態2-1に係る有機発光素子の概略断面図である。図15に示すように、有機発光素子100は、基板（図示せぬ）上に形成された陽極105と、上記陽極105に対向配置された陰極101と、上記陽極105と上記陰極101との間に配置された発光領域109と、上記陰極101と上記発光領域109との間に配置された平坦化層102と、を備えた構成である。

【0208】上記発光領域109は、上記陰極101側が多孔質化された有機層104と、該有機層104の多孔質化された表面に配置された発光分子103…と、を備えている。

【0209】更に、上記有機層104上には、電荷輸送性物質からなる平坦化層102が形成され、該平坦化層102上に陰極101が積層されている。

【0210】上記構成のように、発光分子103…を、多孔質化により表面積を増大させた有機層104の表面上に集約すると共に、発光分子103…の存在するホールと電子の再結合領域を多孔質化し、表面積を増大させることにより、高輝度発光を実現することができる。また、上記多孔質化された有機層104の表面に電荷輸送性物質からなる平坦化層102を設けることにより、近接する電極（陰極101）との接合面を平滑に保持し、リーク電流を防止すると共にホールあるいは電子の注入及び輸送を効率よく行える。

【0211】尚、上記有機層104の多孔質内部に電荷輸送性物質を充填することによっても、ホールあるいは電子の注入及び輸送を効率よく行うことができる。

【0212】上記発光分子103としては、クマリン6やDCM、フェノキサゾン9といったレーザー色素のような量子効率が1に近い色素が好ましい。この他にナフタレン、アントラセン、ピレン、ナフタセン等の縮合環及びその誘導体も好ましく、例えば、ルブレンも量子効率は1に近く有能な発光材料である。また、上記Alq

やその誘導体、ベリリウムベンゾキノリン等の金属錯体も好ましい。

【0213】上記有機層104の多孔質化された内部に充填する、あるいは上記平坦化層102を構成する電荷輸送性物質は、多孔質化される有機層104が輸送する電荷とは逆極性の電荷を輸送する必要がある。

【0214】また、多孔質化される有機層104がホール輸送性有機層として形成された場合には、上記電荷輸送性物質として電子輸送材料が選ばれ、逆に、電子輸送性有機層として形成された場合には、上記電荷輸送性物質としてホール輸送材料が選ばれる。

【0215】電子輸送材料としては、多孔質内部に入りやすい低分子系材料が好ましく、Alq、トリス(4-メチルー8-キノリノラト)アルミニウム等の金属錯体、4,4,8,8-テトラキス(1H-ピラゾール-1-イル)ピラザボル等の電子不足化合物、3-(2'-ベンゾチアゾリル)-7-ジエチルアミノクマリン等が好ましい。また、バソクブロイン、トリアゾール誘導体等のホールブロック機能を有する材料も好ましい。

【0216】また、ホール輸送材料としては、トリフェニルアミンを基本骨格として持つ誘導体が好ましい。例えば、特開平7-126615号公報記載のテトラフェニルベンジジン化合物、トリフェニルアミン3量体、ベンジジン2量体、特開平8-48656号公報記載の種々のトリフェニルジアミン誘導体、特開平7-65958号公報記載のMTPD(通称TPD)が好ましい。

【0217】また、多孔質内部に充填する場合にも、電荷注入材料に置き換えることもできる。

【0218】電子注入材料としては、特願平11-214712号公報記載のジリチウムフタロシアニン、ジソディウムフタロシアニン、マグネシウムポルフィン、4,4,8,8-テトラキス(1H-ピラゾール-1-イル)ピラザボル等が好ましい。ホール注入材料としては、銅フタロシアニン、5,10,15,20-テトラフェニル-21H,23H-ポルフィン銅等が好ましい(尚、後述する実施の形態2-2において、粗面化された表面を平滑化して10nm程度とする場合にも、電荷注入材料に置き換えることもできる)。

【0219】多孔質内部に充填する材料は、上記低分子材料の他、高分子材料も選ぶことができるが、塗布だけでは十分に充填できない恐れがあるので、塗布後、ガラス転移点程度の熱処理等、細部に浸透させる手段を施す必要がある(尚、後述する実施の形態2-2において、粗面化された表面を充填する場合にも、高分子材料を選ぶことができる)。

【0220】上記有機層104を構成する材料としては、多孔質化を考慮すると有機高分子が好ましい。特に多孔質化する場合はウェットエッチング処理されることから高分子系有機化合物が選ばれる(尚、後述する実施の形態2-2において、粗面化された表面を充填する場

合にも、有機高分子が好ましい)。

【0221】有機層を構成する有機高分子としては、ポリ-p-フェニレンビニレン(PPV)、ポリビニルカルバゾール(PVK)、ポリメチルメタクリレート(PMMA)、ポリフルオレン等とその誘導体等、汎用的な材料を用いることができる。さらに、電荷輸送特性を向上させることを目的として、電子輸送材料やホール輸送材料を混合してもよく、前述したような汎用的な材料を利用することができる。

10 【0222】有機層の膜厚は、10~1000nmとすることが好ましい。多孔質化される領域は有機層全体の厚みに対し1/3程度以内が好ましく、特に5~50nmが好ましい。即ち、有機層の膜厚を10nm以下と薄くすると、電圧を印加したときにショートしてしまい、1000nm以上とすると、印加電圧が高くなり、発光効率も低下してしまうためである。また、多孔質化される領域が有機層全体の1/3程度あるいは50nm以上となると、有機層の密度が低下するため、電荷輸送性能が低下したり、膜の剛直性や基板との密着性が弱くなる。また、多孔質化領域が5nm以下では前記したような効果が現れにくい。(尚、後述する実施の形態2-2において、粗面化される領域も上記と同様である)。塗布型の有機層においては、電荷の注入及び輸送の観点からまず均一な膜を成膜する必要がある。有機高分子膜はミクロに見た場合は疎であるが、ここで言う均一な膜とはマクロに見た場合のことをいい、成膜された表面は少なくとも表面粗さ5nm以内におさめる必要がある。有機高分子膜の多孔質化あるいは粗面化とは、その均一に成膜された膜の表面粗さをさらに増加させるものである。

【0223】次に、有機発光素子の製造方法について、図16を用いて説明する。図16は、本発明の実施の形態2-1に係る有機発光素子の製造方法を示す概略断面図である。

【0224】(1)まず、図16(a)に示すように、基板106上に陽極105を形成した(陽極形成工程)。

【0225】(2)次に、図16(b)に示すように、上記基板106上に媒体104'を配置した。尚、上記媒体104'とは、有機高分子と、多孔質化のため溶出可能な有機材料との2種類を溶媒に溶かして得られた溶液を塗布して得られた塗布膜を意味する(媒体配置工程)。

【0226】(3)次に、図16(c)に示すように、上記媒体104'を加熱乾燥あるいは風乾等により乾燥させ、上記有機高分子は不溶で上記有機材料のみが可溶性な溶媒によって、上記媒体104'を処理することにより、有機材料のみを溶出した。そして、有機材料の存在していた部分を空洞化することによって有機高分子層の多孔質化を行って、有機層104を形成した(多孔質化

工程)。

【0227】尚、上記多孔質化工程において、有機層104の少なくとも一部、より具体的には、上記有機層104の陽極側105側あるいは陰極側101側のうち少なくとも一方を多孔質化すればよい。

【0228】(4)次に、図16(d)に示すように、上記有機層104上に、発光分子103…を分散配置した(発光分子配置工程)。

【0229】(5)次に、図16(e)に示すように、上記有機層104上に、電荷輸送性物質からなる平坦化層102を形成した(平坦化層形成工程)。

【0230】(6)そして、図16(f)に示すように、上記平坦化層102上に陰極101を形成した(陰極形成工程)。

【0231】尚、有機層104の多孔質化の方法としては、上記の方法のような溶解度の差を利用する方法に限るものではない。例えば、紫外線照射によって有機高分子を硬化させることにより不溶化する方法や、加熱処理によって硬化させ、不溶化する方法などがある。

【0232】また、有機高分子と共に混合する有機材料の割合は10～50%が好ましい。なぜなら、有機材料の割合が10%よりも少ない場合、膜(有機層)を十分多孔質化できず、50%よりも多い場合、膜の密度が低下するため、膜全体の電荷輸送性能が低下したり、剛直性や基板との密着性が弱くなってしまうためである。さらには、上記有機材料の割合は20～30%が好ましい。

【0233】また、選ばれる有機材料は有機高分子の他、溶媒の選択が広がるように低分子量化したオリゴマー等を使用することができる。

【0234】発光分子の分散については蒸着方法が好ましい。また、溶液状にして蒸気処理することも可能である。多孔質化有機層の内部に浸透させる方法としても、発光分子分散後、蒸気処理を行うことが好ましい(尚、後述する実施の形態2-2においても、発光分子分散後、蒸気処理を行うことが好ましい)。

【0235】有機発光素子は、少なくとも一方の電極を透明ないし半透明にすることにより、面発光を取り出すことが可能となる。通常、正孔注入電極としての陽極にはITO(インジウム錫酸化物)膜を用いることが多い。他に、酸化錫、Ni、Au、Pt、Pd等が挙げられる。ITO膜はその透明性を向上させ、あるいは抵抗率を低下させる目的で、スパッタ、エレクトロンビーム蒸着、イオンプレーティング等の成膜方法が採用されている。

【0236】また、膜厚は必要とされるシート抵抗値と可視光透過率から決定されるが、有機発光素子では比較的駆動電流密度が高いため、シート抵抗値を小さくするため100nm以上の厚さで用いられることが多い。

【0237】電子注入電極としての陰極には、Tang

らの提案したMgAg合金あるいはAlLi合金など、仕事関数が低く電子注入障壁の低い金属と、比較的工作関数が大きく安定な金属との合金が用いられることが多い。また、仕事関数の低い金属を有機層側に成膜し、この低仕事関数金属を保護する目的で、仕事関数の大きな金属を厚く積層してもよく、Li/Al、LiF/Alのような積層電極を用いることができる。これら陰極の形成には蒸着法やスパッタ法が好ましい。また、ジリチウムフタロシアニン、ジソディウムフタロシアニン、マグネシウムボルフィン、4, 4, 8, 8-テトラキス(1H-ピラゾール-1-イル)ピラザボル等の電子注入材料を用いた場合には、仕事関数が大きく安定な金属のみで電極を構成できるので、酸化等の反応を受けにくく、寿命特性を向上できる。

【0238】基板は、上述した薄膜を積層した有機発光素子を担持できるものであれば良く、また、有機層内で生じた発光を取り出せるように透明ないし半透明の材料であれば良く、コーニング1737等のガラス、あるいはポリエステルその他の樹脂フィルム等を用いる。

【0239】また、図17は、本発明の実施の形態2-1に係る有機発光素子の変形例を示す概略断面図である。

【0240】図17に示すように、有機発光素子107は、有機層104の多孔質化された表面近傍に、発光に寄与する物質である発光分子103…を浸透させた構成である。尚、有機層104の多孔質化された表面近傍に発光分子103…を浸透させる方法としては、蒸気処理によって行うことができる。

【0241】このような構成とすることによっても、発光分子103…を、多孔質化された有機層104の表面近傍に集約することができ、また、発光に寄与する物質が存在する、ホールと電子との再結合領域の表面積を増大させることとなるので、高輝度発光を実現することが可能となる。また、上記発光分子は、有機層104の表面および表面近傍の両方に配置されていてもよい。

【0242】(実験例2-1) 実験例2-1は、上記実施の形態2-1の有機発光素子の具体例を示すものである。以下に説明する。

【0243】ポリビニルカルバゾールと低重合度のブチラール樹脂(積水化学工業株式会社製、エスレックB、品番BL-S)とを重量比80:20の割合でトルエンに溶解して溶液を得た。

【0244】次に、上記溶液を、ITOを成膜したガラス基板上にスピンコートし、膜厚100nmの有機層を得た。

【0245】有機層を形成したITO基板をN、N-ジメチルホルムアミド中に浸漬し、ブチラール樹脂(エスレックB)のみを溶解除去した後、200℃の加熱乾燥を行い、多孔質化有機層を得た。

【0246】真空槽内で室温まで戻した後、発光分子と

してレーザ色素クマリン 6 を 0.01 nm/s の蒸着速度で 10 秒間抵抗加熱による真空蒸着法により分散した。

【0247】引き続き、電子注入材料として 4, 4, 8, 8-テトラキス (1H-ピラゾール-1-イル) ピラザボールを 0.1 nm/s の蒸着速度で 1 分間蒸着した。

【0248】最後に、Al 電極を 1 nm/s の蒸着速度で膜厚約 100 nm に形成し、有機発光素子を得た。

【0249】この素子の断面を SEM で観察したところ、直径 $3 \sim 6 \text{ nm}$ 程度の多孔質膜が形成され、多孔質部分を電子注入材料が充填していることを確認した。この素子に直流電圧を印可して評価したところ、クマリン 6 の緑色発光が得られ、表 2 に示すように、電流効率は 8.0 cd/A で、安定に光り続けた。

【表 2】

	電流効率 (cd/A)
実験例 2-1	8.0
実験例 2-2	8.2
実験例 2-3	7.5
実験例 2-4	3.2

【0250】(実験例 2-2) 実験例 2-2 の有機発光素子は、実験例 2-1 の電子注入材料の蒸着において、多孔質内を充填する代わりに平坦化層を設けることを目的として、4, 4, 8, 8-テトラキス (1H-ピラゾール-1-イル) ピラザボールを 0.1 nm/s の蒸着速度で 2 分間蒸着し平坦化層を得た。それ以外は、実験例 2-1 と同様にして作製した。

【0251】この素子の断面を SEM で観察したところ、直径 $3 \sim 6 \text{ nm}$ 程度の多孔質膜上に、平坦化層が形成されていることを確認した。この素子に直流電圧を印可して評価したところ、クマリン 6 の緑色発光が得られた。また、表 2 に示すように、電流効率は 8.2 cd/A で、安定に光り続けた。

【0252】(実験例 2-4) 実験例 2-4 は、上記実験例 2-1、2-2 との比較するためのもの (有機層の多孔質化をおこなっていない構成) である。

【0253】即ち、ポリビニルカルバゾールと、電子輸送材料として 2-(4-ビフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1, 3, 4-オキサジアゾールと、発光分子料としてクマリン 6 とを重量比 $100:40:0.2$ の割合でトルエン:THF=1:1 混合溶媒中に溶解して溶液を得た。

【0254】その後、上記溶液を、ITO を成膜したガラス基板上にスピナーで塗布し、膜厚 100 nm の有機層を形成した。

【0255】この上に電子注入電極として 1 nm の Li と Al からなる陰極を 100 nm 形成し、有機発光素子を得た。

【0256】この素子に直流電圧を印可して評価したところ、クマリン 6 の緑色発光が得られ、表 2 に示すように、電流効率は 3.2 cd/A であった。

【0257】このように、有機層を多孔質化した有機発光素子は、多孔質化しない場合に比較して、飛躍的に電流効率が向上した。

【0258】[実施の形態 2-2] 本実施の形態 2-2 は、発光領域を粗面化した構成の有機発光素子に関するものである。図 18 は、本発明の実施の形態 2-2 に係る有機発光素子の概略断面図である。

【0259】図 18 に示すように、有機発光素子 110 は、陽極 105 と、上記陽極 105 に対向配置された陰極 101 と、上記陽極 105 と上記陰極 101 との間に配置された発光領域 113 と、上記陰極 101 と上記発光領域 113 との間に配置された平坦化層 102 と、を備えた構成である。

【0260】上記発光領域 113 は、上記陰極 101 側が粗面化された有機層 120 と、該有機層 120 の粗面化された表面に配置された発光分子 103 … と、を備えている。

【0261】更に、上記有機層 120 上には、電荷輸送性物質からなる平坦化層 102 が形成され、該平坦化層 102 上に陰極 101 が積層されている。

【0262】上記構成のように、発光分子 103 … を粗面化により表面積を増大させた発光領域 113 (有機層 120 表面) に集約すると共に、発光分子 103 … の存在するホールと電子の再結合領域を粗面化し、表面積を増大させることにより、高輝度発光を実現することができる。尚、上記実施の形態 2-1 の場合と同様に、有機層の表面近傍に発光分子を浸透させた構成としてもよいし、有機層の表面および表面近傍の両方に発光分子を配置してもよい。

【0263】次に、有機発光素子の製造方法について図 19 を用いて説明する。図 19 は、本発明の実施の形態 2-2 に係る有機発光素子の製造方法を示す概略断面図である。

【0264】(1) 上記実施の形態 2-1 で示した製造方法の工程 (1) と同様に、基板 106 上に陽極 105 を形成した (図 19 (a))。

【0265】(2) 次に、上記陽極 105 上に有機層を形成する有機高分子によって媒体である塗布膜 120' を形成した (図 19 (b))。

【0266】(3) 次に、上記塗布膜 120' を、酸素ガスを導入したリアクティブイオンエッチング (RIE) 等により、ドライエッチングを行い、塗布膜 120' 表面を粗面化し、有機層 120 を形成した (図 19 (c))。

【0267】(4) 次に、上記有機層 120 の粗面化した表面上に、発光分子 103 を分散配置させた (図 19 (d))。尚、上記ドライエッチングは、バレル型、平

行平板型等の汎用的な型式で行ってよく、また有機層の状態によってはArガス等も同時に導入するなどしてよい。

【0268】(5)次に、上記有機層120上に、上記実施の形態2-1と同様にして、電荷輸送性物質からなる平坦化層102を形成した(図19(e))。

(6)次に、上記平坦化層102上に陰極101を形成した(図19(f))。

(実験例2-3) 実験例2-3は、上記実施の形態2-2の有機発光素子の具体例を示すものである。即ち、ポリビニルカルバゾールをトルエンに溶解した溶液を、ITOを成膜したガラス基板上にスピンコートし膜厚100nmの有機層を得た。

【0269】次に、有機層を形成したITO基板を、平行平板型のドライエッチング装置中で、酸素流量60sccm、圧力40mTorr、高周波出力100Wの条件で1分間の粗面化処理を行った後、真空槽内に配置した。

【0270】次に、発光分子としてレーザ色素クマリン6を0.01nm/sの蒸着速度で10秒間抵抗加熱による真空蒸着法により分散した。

【0271】引き続き、電子注入材料として4,4,8,8-テトラキス(1H-ピラゾール-1-イル)ピラザボールを0.1nm/sの蒸着速度で2分間蒸着した。

【0272】最後に、Al電極を1nm/sの蒸着速度で膜厚約100nmに形成し、有機発光素子を得た。

【0273】この素子の断面をSEMで観察したところ、有機層には±3nm程度の粗表面が形成され、電子注入材料による平坦化層が形成されていることを確認した。この素子に直流電圧を印可して評価したところ、クマリン6の緑色発光が得られた。また、上記表2に示すように、電流効率は7.5cd/Aで、安定に光り続けた。

【0274】このように、実験例2-3に示す有機発光素子は、有機層を粗面化することにより、実験例2-4に示す有機発光素子に比較して、電流効率が飛躍的に向上した。

【0275】[実施の形態2-3]上記実施の形態2-1、2-2の有機発光素子は、発光領域を多孔質化あるいは粗面化することにより、発光効率を向上させたものであるが、本実施の形態2-3では、電荷輸送領域を粗面化した構成の有機発光素子に関して説明する。図20は、本発明の実施の形態2-3に係る有機発光素子の概略断面図である。

【0276】図20に示すように、有機発光素子115は、陽極105と、上記陽極105に対向配置された陰極101と、上記陽極105と上記陰極101との間に配置された発光領域117と、該発光領域117と上記陽極105との間に配置された電荷輸送層116と、を

備えた構成である。

【0277】上記電荷輸送層116の上記発光領域117側はドライエッチングによって粗面化されている。

尚、上記構成の場合、上記電荷輸送層116は、ホール輸送層である。

【0278】このような構成とすることによって、発光領域117と電荷輸送領域116との接触面積が向上し、陽極105から発光領域117に注入されるホールの注入効率が向上する。

10 【0279】尚、本実施の形態では、電荷輸送領域を粗面化した構成について説明したが、上記電荷輸送領域を多孔質化することによっても、粗面化した場合と同様の効果を達成することができるのは、勿論である。また、上記電荷輸送層116が発光特性を有する場合には、上記発光領域117は必要は必ずしも必要はなく、電荷輸送層116の陽極105側あるいは陰極101側の少なくとも一方を、多孔質化あるいは粗面化することにより、上記と同様に電極からの電荷の注入効率が向上する。

20 【0280】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明の構成によれば、本発明の課題を十分に達成することができる。

【0281】即ち、第1の発明群の発明によれば、ポリマーあるいは電荷輸送材を分散したポリマーに発光分子、あるいは発光分子及び電荷輸送材を浸透させることにより、ポリマー分散型の有機発光素子においても、高い発光効率を実現すると同時に容易にパターンニングができる有機発光素子を提供することができる。

30 【0282】また、第2の発明群の発明群によれば、高分子系有機発光素子において、従来、有機層全体に拡散していた発光領域を特定領域に集約し、発光分子の存在するホールと電子の再結合領域を多孔質化あるいは粗面化し表面積を増大させることにより、高輝度発光を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1-1に係る有機発光素子の概略断面図である。

40 【図2】本発明の実施の形態1-2に係る有機発光素子の構成を示す概略図であり、図2(a)は有機発光素子の概略概念図、図2(b)は図2(a)のA-A線矢視断面図である。

【図3】本発明の実施の形態1-2に係る有機発光素子の製造方法を示す概略断面図である。

【図4】本発明の実施の形態1-2に係る有機発光素子の製造方法の他の例を示す概略断面図である。

【図5】本発明の実施の形態1-2に係る有機発光素子の発光領域の濃度分布について説明するための概略図である。

50 【図6】本発明の実施の形態1-3に係る有機発光素子の概略断面図である。

【図 7】本発明の実施の形態 1-4 に係る有機発光素子の概略断面図である。

【図 8】本発明の実施の形態 1-5 に係る有機発光素子の概略断面図である。

【図 9】本発明の実施の形態 1-5 に係る有機発光素子の他の例を示す概略断面図である。

【図 10】本発明の実施の形態 1-5 に係る有機発光素子の他の例を示す概略断面図である。

【図 11】本発明の実施の形態 1-5 に係る有機発光素子のエネルギーダイアグラムである。

【図 12】本発明の実施の形態 1-5 に係る有機発光素子のエネルギーダイアグラムである。

【図 13】本発明の実施の形態 1-5 に係る有機発光素子のエネルギーダイアグラムである。

【図 14】本発明の実施の形態 1-5 に係る有機発光素子のエネルギーダイアグラムである。

【図 15】本発明の実施の形態 2-1 に係る有機発光素子の概略断面図である。

【図 16】本発明の実施の形態 2-1 に係る有機発光素子の製造方法を示す概略断面図である。

【図 17】本発明の実施の形態 2-1 に係る有機発光素子の変形例を示す概略断面図である。

【図 18】本発明の実施の形態 2-2 に係る有機発光素子の概略断面図である。

【図 19】本発明の実施の形態 2-2 に係る有機発光素子の製造方法を示す概略断面図である。

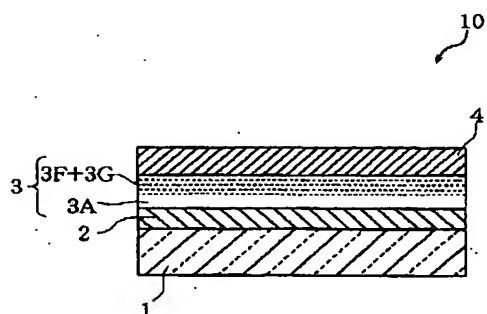
【図 20】本発明の実施の形態 2-3 に係る有機発光素子の概略断面図である。

【符号の説明】

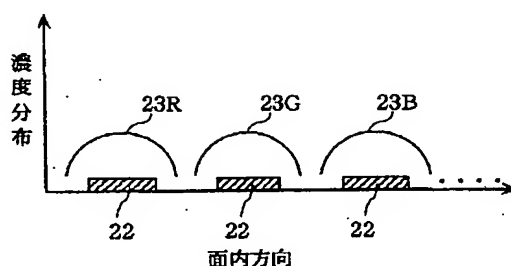
- 1 基板
- 2 陽極
- 3 発光領域
- 3 A ポリマー
- 3 F 電荷輸送性物質
- 3 G 発光分子

- 4 陰極
- 8 マスク
- 10 有機発光素子
- 20 有機発光素子
- 21 基板
- 22 陽極
- 23 発光領域
- 24 陰極
- 23 A ポリマー
- 23 R 発光分子 (赤)
- 23 G 発光分子 (緑)
- 23 B 発光分子 (青)
- 23 E 電荷輸送性物質
- 23 H ホール輸送性材料
- 23 I 電子輸送性材料
- 25 ホール注入層
- 26 電子注入層
- 27 インクヘッド
- 100 有機発光素子
- 101 陰極
- 102 平坦化層
- 103 発光分子
- 104 有機層
- 104' 媒体
- 105 陽極
- 106 基板
- 107 有機発光素子
- 109 発光領域
- 110 有機発光素子
- 113 発光領域
- 115 有機発光素子
- 116 電荷輸送層
- 117 発光領域
- 120 有機層
- 120' 塗布膜

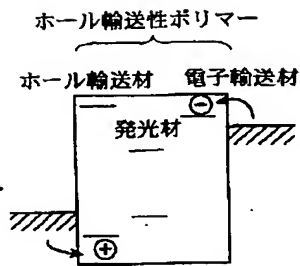
【図 1】



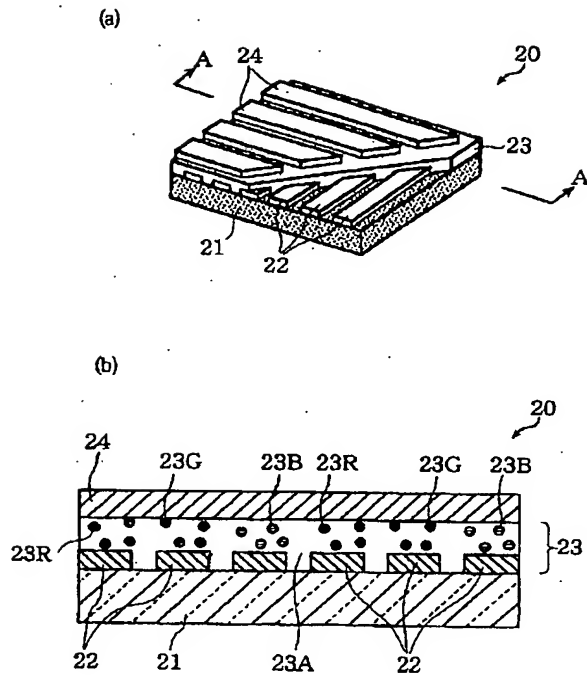
【図 5】



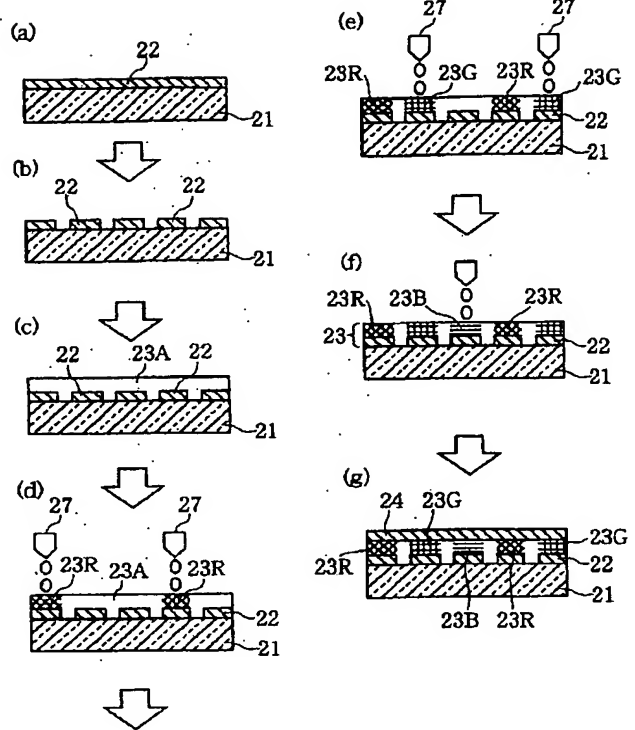
【図 14】



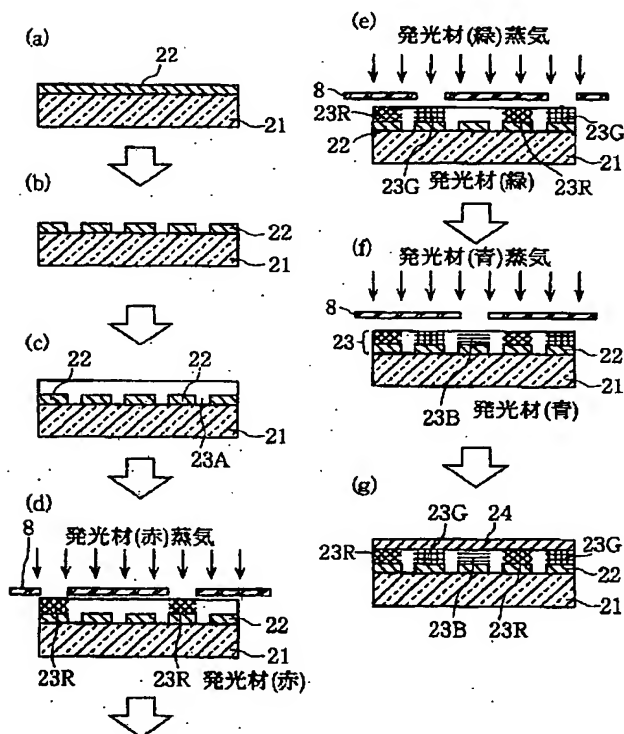
【図2】



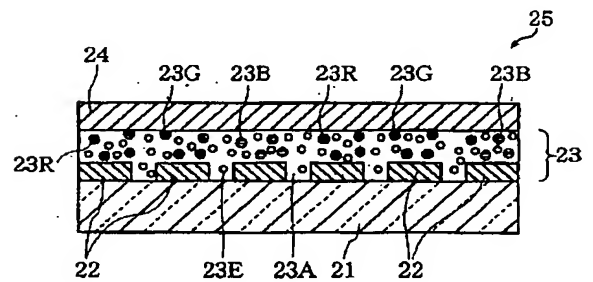
【図3】



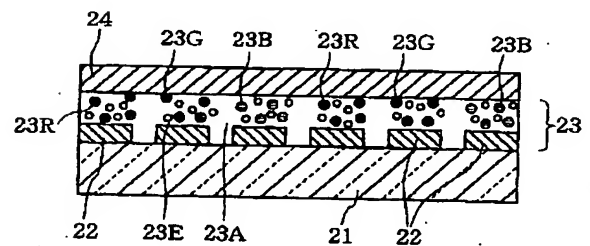
【図4】



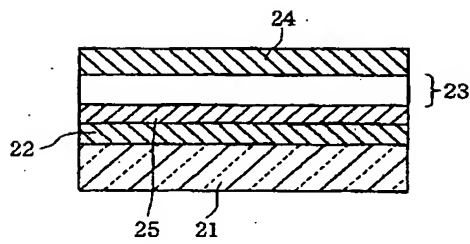
【図6】



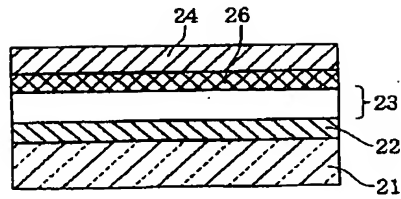
【図7】



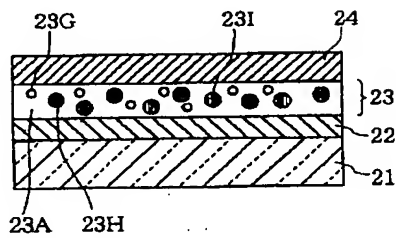
【図8】



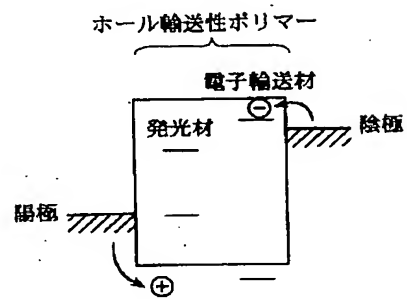
【図9】



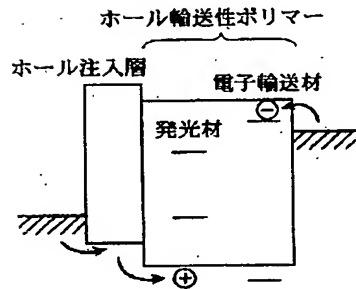
【図10】



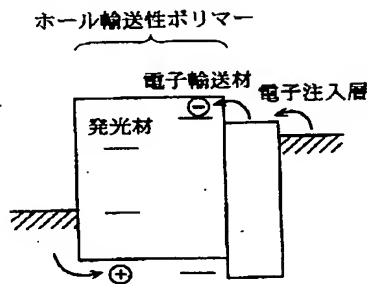
【図11】



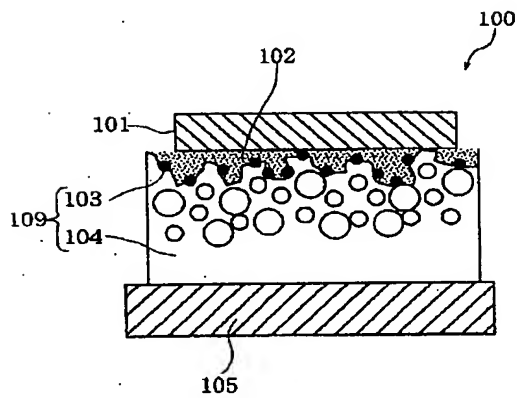
【図12】



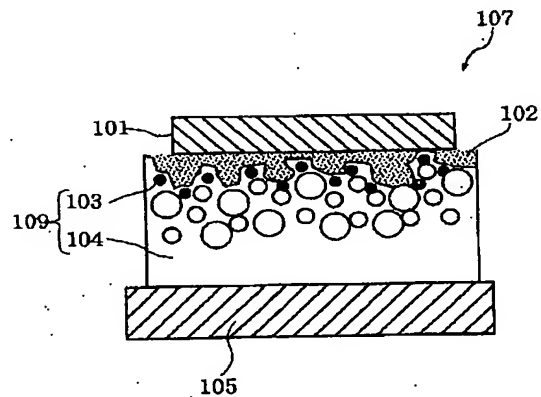
【図13】



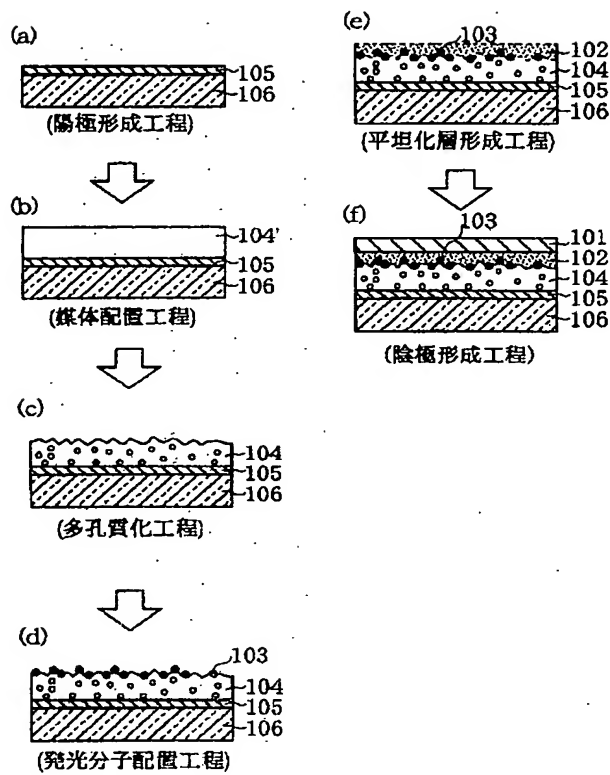
【図15】



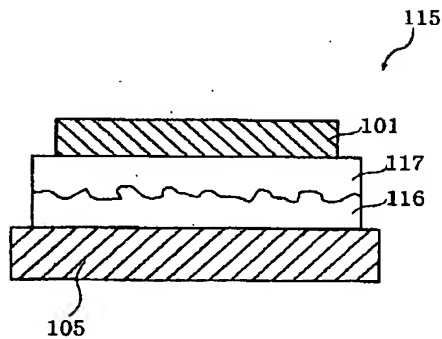
【図17】



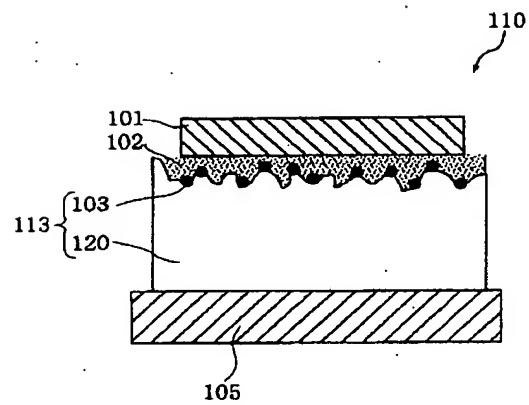
【図16】



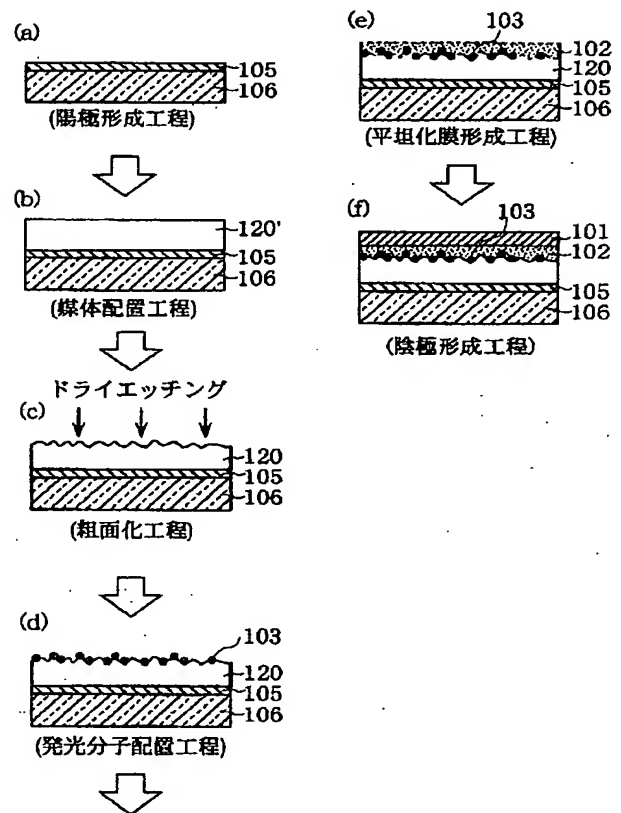
【図20】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 徹哉
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
 産業株式会社内

Fターム(参考) 3K007 AB02 AB03 AB04 AB06 AB18
 BA06 CA01 CB01 DA01 DB03
 EA00 EB00 FA01